

# Медицина труда и экология человека

№2/2024

Сетевое издание

ISSN 2411 - 3794

12+

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

**Учредитель**

Федеральное бюджетное учреждение науки  
«Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

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

**Зам. главного редактора** – Д.О. Каримов, к.м.н.

**Редакционный совет:**

Богданова Н.В., Ph.D. (Германия, Ганновер),	Рахманин Ю.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Бухтияров И.В., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),	Романович И.К., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Санкт-Петербург),
Зайцева Н.В., д.м.н., акад. РАН (Россия, Пермь),	Рыжов А.Я., д.б.н., проф. (Россия, Тверь),
Зеленко А.В., к.м.н. (Белоруссия, Минск),	Сарманаев С.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Кузьмина Л.П., д.б.н. (Россия, Москва),	Семенихин В.А., д.м.н. (Россия, Кемерово),
Май И.В., д.б.н., проф. (Россия, Пермь),	Спирин В.Ф., д.м.н., проф. (Россия, Саратов),
Мустафина И.З., к.м.н. (Россия, Москва),	Сутункова М.П., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Перов С.Ю., д.б.н. (Россия, Москва),	Сычик С.И., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Попова А.Ю., д.м.н., проф. (Россия, Москва),	Тутельян В.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Потатурко А.В., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),	Фатхутдинова Л.М., проф., д.м.н. (Россия, Казань),
Потеряева Е.Л., д.м.н. (Россия, Новосибирск),	Хамидулина Х.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Ракитский В.Н., д.м.н., акад. РАН (Россия, Москва),	Хотимченко С.А., д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва)

**Редакционная коллегия:**

Багрянцева О.В., д.б.н. (Россия, Москва),	Карамова Л.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Бухарина И.Л., д.б.н. (Россия, Ижевск),	Каримова Л.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Бактыбаева З.Б., к.б.н. (Россия, Уфа),	Ларионов М.В., д.б.н. (Россия, Москва),
Валеева Э.Т., д.м.н. (Россия, Уфа),	Масягутова Л.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Викторова Т.В., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),	Мухаметзянов А.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Гайнуллина М.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),	Степанов Е.Г., к.м.н. (Россия, Уфа),
Гимаева З.Ф., д.м.н. (Россия, Уфа),	Сулейманов Р.А., д.м.н. (Россия, Уфа),
Гильманов А.Ж., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),	Терегулова З.С., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Даукаев Р.А., к.б.н. (Россия, Уфа),	Туйгунов М.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Ефимочкина Н.Р., д.б.н. (Россия, Москва),	Хайров Х.С., д.м.н. (Таджикистан, Душанбе),
Зулькарнаев Т.Р., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),	Шайхлисламова Э.Р., к.м.н. (Россия, Уфа),
Кулагин А.А., д.б.н. (Россия, Уфа),	Шарафутдинова Н.Х., д.м.н., проф. (Россия, Уфа)

**Редакция:**

зав. редакцией – С.М. Батисова	переводчики – З.Р. Палютина, Г.М. Башарова
научные редактора – д.м.н. Р.А. Сулейманов, к.б.н. Д.Д. Каримов	корректор – Р.Р. Ахмадиева

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

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

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

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

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

Основан в 2015 году. Выходит 4 раза в год.

Перепечатка текстов без разрешения редакции запрещена.

При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Возрастное ограничение: 12+. Подписано в печать: 28.06.2024

©ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2024

# Occupational Health and Human Ecology

№2/2024

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** – D.O. Karimov, PhD of Medicine

## Editorial Board:

Bogdanova N.V., Ph.D. (Germany, Hanover),  
Bukhtiyarov I.V., M.D., Professor of Medicine, academician of RAS (Russia, Moscow),  
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:

Bagyantseva 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.,

Karimov D. D., PhD of Biology

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

Proofreader - Akhmadieva R.R.

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

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

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

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

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

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

Reprinting of texts without permission of the publisher is prohibited.

When quoting materials reference to the journal is required.

Age restriction: 12+. Signed to print 28.06.2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### Оригинальная статья

- 6 НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ТЕСТОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ 5G В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 6 ГГц  
Перов С.Ю., Белая О.В.

### Гигиена труда

- 20 ОЦЕНКА НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ «ТЕППИНГ-ТЕСТ (КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА)»  
Федотова И.В., Некрасова М.М., Орлов А.Л., Васильева Т.Н., Телюпина В.П., Скворцова В.А.
- 32 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И МЕРЫ ПО ИХ МИНИМИЗАЦИИ  
Мулдашева Н.А., Каримов Д.О., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Шаповал И.В.

### Медицина труда

- 46 ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНИ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
Ильина Л.А., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В., Бейгул Н.А.
- 67 ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА  
Яцына И.В., Шумихин А.Э., Астахова И.В.
- 84 ЗДОРОВЬЕ РАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН: СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ЕГО СОХРАНЕНИЯ  
Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Ильина Л.А., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В.
- 92 НЕАЛКОГОЛЬНАЯ ЖИРОВАЯ БОЛЕЗНЬ ПЕЧЕНИ У ЛИЦ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА  
Кудояров Э. Р., Иванова Д.П., Бакиров А. Б., Калимуллина Д.Х.

## Гигиена детей и подростков

- 110 ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗА ЖИЗНИ И САМОЧУВСТВИЯ ПОДРОСТКОВ 15-18 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРОБЛЕМНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Болдырева М.Г., Соколова С.Б.

## Эпидемиология

- 125 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ COVID-19 (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Зелинская М.Ю., Краскевич Д.А., Кудряшов И.А., Лезинова А.И.

## Экология

- 145 ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ТРАНСПОРТЕ И МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ларионов М.В., Гаврилова А.В.

- 163 РОЛЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОСИСТЕМ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шугаипова Л.Р., Кулагин А.А., Серова О.В., Исхаков Ф.Ф., Ушаридзе А.С.

- 175 ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Ширяева М.А., Науменко Н.О., Карпенко Н.П.

## Экспериментальные исследования

- 191 ИЗМЕНЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ЭФФЕКТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС

Рябова Ю.В., Кунгурцева А.К., Петрунина Е.М., Никогосян К.М., Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П.

- 211 БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТИ БРОНХОАЛЬВЕОЛЯРНОГО ЛАВАЖА КРЫС ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОГО ИНТРАТРАХЕАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Клинова С. В., Сутункова М. П., Минигалиева И.А., Привалова Л. И., Рябова Ю. В., Бушуева Т.В.

## Поздравления

- 222 К ЮБИЛЕЮ КАРИМОВОЙ ЛИЛИИ КАЗЫМОВНЫ

## Памятные даты

- 224 К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПОЛЯНСКОГО ВАЛЕНТИНА АЛЕКСЕЕВИЧА

УДК 614.875

## НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ТЕСТОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ 5G В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 6 ГГц

Перов С.Ю., Белая О.В.

ФГБНУ «НИИ медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»,  
Москва, Россия

При развертывании и эксплуатации мобильных сетей поколения 5G, уделяется повышенное внимание задачам комплексной оценки условий электромагнитной экспозиции человека, в особенности, создаваемых антенными системами типа massive MIMO с реализацией технологий сканирования и формирования лучей к отдельным абонентам.

**Цель исследования** - сравнительная оценка уровней электромагнитных полей, создаваемых базовыми станциями пятого поколения стандарта 5G NR IMT-2020 в различных режимах тестовой эксплуатации.

**Материалы и методы.** При проведении натурных измерений смоделированы наилучшие условия передача данных, когда мобильные абоненты находятся вблизи базовой станции, а также условия передача данных, когда мобильные абоненты подключаются к сети на границе зон обслуживания базовой станции. Уровни ППЭ оценивались по результатам параллельных широкополосных и частотно-селективных измерений в режиме сканирования и формирования луча к абонентским терминалам при различных размещениях их относительно друг друга и базовой станции.

**Результаты.** В режиме активной передачи данных к абонентским терминалам максимальные уровни ППЭ превышали предельно допустимый уровень для населения ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ) только на площадке вблизи базовой станции (на расстояниях 20-40 м) как по данным широкополосных, так и частотно-селективных средств измерений. На площадке, соответствующей пересечению границ зон обслуживания различных базовых станций (на расстояниях более 150 м) несмотря на сохранение высокой скорости передачи данных, зарегистрированные максимальные уровни ППЭ не превышали  $2 \text{ мкВт/см}^2$ . Результаты оценки уровней ППЭ, полученные при «вынужденном» формировании луча в точку измерений, следует рассматривать как ориентировочные данные, характеризующие потенциальные максимальные уровни ППЭ при кратковременной экспозиции во время эксплуатации систем мобильной связи нового поколения. В дальнейшем представляется целесообразным разработать систему требований к усреднению

измеряемой ППЭ в пространстве и временной области для антенных систем нового типа динамической диаграммой направленности.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, базовая станции, пятое поколение сотовой связи, селективные измерения, формирование луча

**Для цитирования:** Перов С.Ю., Белая О.В. Натурные исследования электромагнитных полей при тестовой эксплуатации базовых станций 5g в диапазоне частот до 6 ГГц. Медицина труда и экология человека. 2024;2:6-19.

**Для корреспонденции:** Перов Сергей Юрьевич, д.б.н., ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», заведующий лабораторией электромагнитных полей, e-mail: perov@irioh.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10201>

## IN-SITU MEASUREMENT OF 5G BASE STATION ELECTROMAGNETIC FIELDS AT SUB-6 GHz FREQUENCIES

Perov S. Yu., Belaya O. V.

The Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russia

**Introduction.** When deploying and operating 5G mobile networks, increased attention is paid to the tasks of a comprehensive assessment of human electromagnetic exposure environment, particularly that created by massive MIMO antenna systems with the implementation of scanning and beamforming technologies to individual subscribers.

**The aim of the study** was a comparative assessment of electromagnetic field exposure from 5G NR IMT-2020 for various test operation modes.

**Materials and methods.** When carrying out in-situ measurements, the best transmission environment was simulated when mobile subscribers are in the vicinity of the base station, as well as data transmission environment when mobile subscribers connect to the network at the border of the base station service areas. Power density levels were assessed based on parallel broadband and frequency-selective measurements in scanning and beamforming modes to user terminals at different locations relative to each other and the base station.

**Results.** According to broadband and frequency-selective measuring instruments at active traffic transmission to user terminals the maximum power density levels exceeded the general public maximum permissible level ( $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) only in the vicinity of the base station (at distances of 20-40 m). At the site of various base stations service

areas boundaries intersection (at distances of more than 150 m) the maximum power density levels did not exceed  $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  despite maintaining a high traffic speed. The results of power density assessment obtained during “forced” beamforming at the measurement point should be considered as indicative data of the possible maximum electromagnetic levels during short-term exposure from new generation mobile communication systems. In the future, it seems appropriate to develop a set of requirements for space and time domain averaging power density for new type antenna systems with a dynamic radiation pattern.

**Keywords:** electromagnetic field, mobile base station, 5G telecommunications, selective measurement, beamforming

**Citation:** Perov S. Yu., Belaya O. V. In-situ measurement of 5G base station electromagnetic fields at sub-6 GHz frequencies. *Occupational Health and Human Ecology*. 2024;2:6-19.

**Correspondence:** Sergey Yu. Perov, Doctor of Biology, FSBSI “The Izmerov Research Institute of Occupational Health”, Head of Electromagnetic field laboratory, e-mail: perov@irioh.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10201>

Развертывание сетей мобильной связи перспективных поколений и появление в окружающей среде новых техногенных источников электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) неизбежно преобразует электромагнитную обстановку на селитебных территориях, что в свою очередь требует комплексной оценки степени и качества этих изменений. Ключевой особенностью эксплуатации мобильных сетей пятого поколения является широкое использование в радиоэлектронном оборудовании базовых станций (БС) антенных систем нового типа – многоэлементных антенн massive MIMO с реализацией технологий сканирования и формирования лучей к отдельным абонентам. С применением подобных технологий достигается высокая спектральная эффективность, пропускная способность и надежность передачи данных в системах нового поколения [1], что в свою очередь отражается в усложнении электромагнитной обстановки, в т.ч. в повышении неравномерности распределения электромагнитной энергии во времени и пространстве из-за стохастического характера сигнала БС к мобильным пользователям [2]. Таким образом, с внедрением систем мобильной связи поколения 5G особую актуальность

представляют задачи совершенствования методологии инструментального контроля ЭМП РЧ, в частности оценки максимальных уровней в зоне обслуживания БС с динамической диаграммой направленности антенны [3]. Одним из приемов, используемых в международной практике при оценке и инструментальном контроле ЭМП РЧ, создаваемых БС поколения 5G, является применение абонентского терминала для формирования направленного луча в точку измерений [4, 5].

При исследовании изменений электромагнитной обстановки отдельную задачу составляет выделение из общего электромагнитного фона новых источников, оценка их вклада, а также учет спектральных характеристик ЭМП РЧ, модулированных по стандартам поколения 5G, что требует применения не только широкополосных, но и частотно-селективных средств измерения ЭМП. Спецификацией стандарта 5G NR IMT-2020 определены два диапазона рабочих частот: диапазон FR1 от 410 до 7125 МГц с максимальной шириной радиоканала 100 МГц и диапазон FR2 от 24,25 до 71,0 ГГц с максимальной шириной радиоканала 400/2000 МГц [6]. Диапазон FR1 не только охватывает полосы частот, предназначенные для работы сетей мобильной связи действующих стандартов GSM, UMTS и LTE, но и включает новые для сотовой связи частоты выше 3 ГГц, которые активно используются для тестовых и коммерческих запусков сетей поколения 5G во всем мире. Например, в Российской Федерации определена полоса частот от 4400 до 5000 МГц (n79), в странах Европы – от 3300 до 4200 МГц (n77).

Эксплуатация базовых станций 5G в диапазоне FR1 представляет также особый интерес и для рассмотрения различных подходов к инструментальному контролю ЭМП РЧ, особенно в зонах тестовых испытаний, где возможно моделировать и контролировать различные режимы работы БС в условиях ограниченного количества активных абонентов. В настоящее время задачам контроля условий электромагнитной экспозиции человека, создаваемых при развертывании и эксплуатации мобильных сетей поколения 5G, уделяется повышенное внимание в зарубежных исследованиях, которые проводятся не только для анализа изменений уровней ЭМП РЧ в окружающей среде [1,7,8,9,10], но и с целью разработки методологии инструментального контроля ЭМП РЧ, создаваемых антенными системами типа massive MIMO [4,11,12,13,14]. Обозначенные вопросы совершенствования гигиенической оценки условий электромагнитной экспозиции с учетом этапов развития и внедрения систем нового поколения сотовой связи

представляются крайне актуальными для экспериментального изучения в нашей стране.

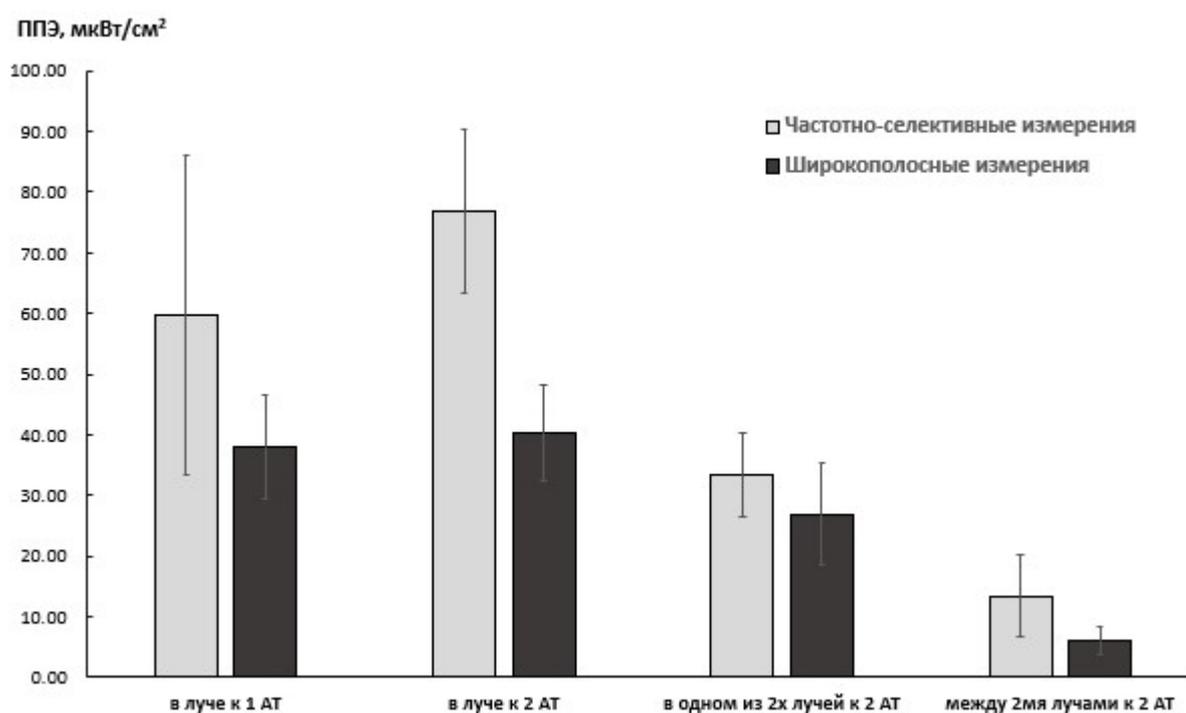
Цель исследования: сравнительная оценка уровней электромагнитных полей, создаваемых базовыми станциями пятого поколения стандарта 5G NR IMT-2020 в различных режимах тестовой эксплуатации, с применением широкополосных и селективных средств измерений.

**Материалы и методы.** Натурные исследования проводились на территории пилотной зоны тестирования сети мобильной связи поколения 5G, включающей 3 различные БС, оснащенные антенными системами massive MIMO с технологией формирования луча. Все БС работали в одном радиоканале шириной 100 МГц в полосе n79 стандарта 5G NR/IMT-2020 [6]. Электромагнитная обстановка на территории пилотной зоны создавалась также коммерческими сетями сотовой связи стандартов GSM, UMTS и LTE различных диапазонов частот.

Для проведения натурных измерений были выбраны 2 площадки на различном удалении от базовых станций таким образом, чтобы смоделировать крайние из возможных ситуаций при эксплуатации БС перспективного поколения: наилучшие условия передача данных, когда мобильные абоненты находятся вблизи БС, и наихудшие (нестабильные) условия передача данных, когда мобильные абоненты подключаются к сети на границе зон обслуживания БС. На каждой площадке, на высоте 1,5 м от уровня земли проводились параллельные широкополосные и частотно-селективные измерения ППЭ в течение 10 с в различных режимах работы БС: сканирования (фоновые уровни) и формирования луча к абонентским терминалам (АТ). Для обеспечения устойчивой нисходящей линии связи от БС на каждом АТ синхронно запускалось специализированное программное обеспечение контроля трафика. Активные АТ находились в прямой видимости БС стандарта 5G NR/IMT-2020 на расстоянии не менее 1 м от точки измерений. В каждой точке измерений рассматривались возможные условия электромагнитной экспозиции при различной конфигурации АТ относительно друг друга и БС. В точке №1 проводилась оценка ППЭ в луче передачи данных к одному и двум АТ, расположенным вблизи. Также рассматривалась ситуация двух активных АТ, удаленных друг от друга на одинаковое расстояние от БС, при этом оценивались уровни ЭМП РЧ, как в каждом из формируемых лучей, так и между ними. В точке №2, ввиду нестабильности подключения АТ на границе зон обслуживания БС, оценка ППЭ проводилась на пересечении двух лучей, формируемых от различных БС к отдельным активным АТ, а также в режиме обслуживания только одного активного абонента.

Для обнаружения и выделения сигнала БС стандарта 5G NR/IMT-2020 в электромагнитном фоне окружающей среды и для проведения частотно-селективных измерений использовался селективный измеритель ЭМП SRM-3006 (Narda Safety Test Solutions, Германия). Широкополосные измерения проводились с помощью измерителя Narda NBM-550 (Narda AG, Германия). Обработка результатов измерений проводилась с использованием специализированного программного обеспечения SRM-3006\_TS (Narda Safety Test Solutions, Германия).

**Результаты.** На первой площадке измерения проводились в точке №1, которая располагалась напротив БС в ее основной диаграмме направленности, на расстоянии около 40 м от нее. В режиме сканирования БС без подключения активных АТ фоновые уровни ППЭ составили 0,3 и 1,7 мкВт/см<sup>2</sup> по данным частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. Как представлено на рисунке, в режиме передачи данных от БС к активным АТ уровни ППЭ были значительно выше фоновых.



**Рис.** Результаты натурных измерений ППЭ в точке №1 при одном и двух активных абонентах.

**Figure.** Results of in-situ measurements of PES at point No. 1 with one and two active subscribers

При подключении одного АТ к мобильной сети поколения 5G уровни ППЭ в точке №1, находящейся в сформированном луче между БС и АТ, составили  $59,75 \pm 26,45$

мкВт/см<sup>2</sup> по результатам селективных измерений в радиоканале шириной 100 МГц, тогда как по данным широкополосных измерений при этом же режиме работы БС уровни ЭМП РЧ были ниже –  $38,01 \pm 8,51$  мкВт/см<sup>2</sup>. Условия электромагнитной экспозиции на границе луча к одному АТ, которые оценивались при приближении точки измерений к БС, на расстоянии 20 м, составили  $8,32 \pm 2,53$  мкВт/см<sup>2</sup> и  $11,10 \pm 2,77$  мкВт/см<sup>2</sup> по данным частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. Во время проведения натуральных измерений на первой площадке при подключении одному АТ максимальная скорость трафика изменялась в диапазоне от 920 до 1430 Мбит/с.

Как представлено на рисунке, при одновременном подключении двух активных АТ, находящихся рядом, наблюдалось повышение уровней электромагнитной экспозиции и уровни ППЭ в точке №1, находящейся в луче, сформированном от БС к двум активным АТ, составили  $76,87 \pm 13,54$  мкВт/см<sup>2</sup> и  $40,21 \pm 7,90$  мкВт/см<sup>2</sup> по результатам частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. В этих условиях максимальная скорость суммарного трафика изменялась в диапазоне от 1218 до 1435 Мбит/с.

На первой площадке также проводилась оценка уровней ППЭ при формировании двух различных лучей к двум АТ, равноудаленных от точки №1 на 10 м и 40 м от БС. По результатам натуральных измерений уровни электромагнитной экспозиции, создаваемые одним из активных лучей, были ниже по сравнению с рассмотренными ранее режимами эксплуатации БС и составили  $33,36 \pm 6,99$  мкВт/см<sup>2</sup> и  $26,97 \pm 8,30$  мкВт/см<sup>2</sup> по результатам частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. При этом, как отражено на рисунке, соответствующие уровни ЭМП РЧ между лучами снижались до  $13,39 \pm 6,76$  мкВт/см<sup>2</sup> и  $6,18 \pm 2,34$  мкВт/см<sup>2</sup>. В условиях формирования двух различных лучей к активным АТ максимальная скорость суммарного трафика изменялась в диапазоне от 1099 до 1652 Мбит/с.

На второй площадке натурные измерения проводились в точке №2, которая располагалась на пересечении границ зон обслуживания двух других БС поколения 5G и удаленная от них на расстояния 160 и 150 м соответственно.

При отсутствии активных абонентов в режиме сканирования БС фоновые уровни ППЭ в точке №2 составили 0,2 и 1,1 мкВт/см<sup>2</sup> по данным частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. При подключении одного и двух АТ и формирования лучей к ним в точке измерений наблюдалось повышение уровней, как приведено в таблице.

**Таблица .**Результаты натурных измерений ППЭ в точке №2

**Table.** Results of in-situ measurements of PES at point No. 2

Условия подключения АТ к БС	Трафик, Мб/с	Результаты измерения ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>	
		частотно-селективные	широкополосные
АТ1 к БС1	707 ± 60	0,48 ± 0,49	1,52 ± 0,20
АТ2 к БС2	814 ± 202	0,92 ± 0,61	1,48 ± 0,11
Одновременно АТ1 к БС1 и АТ2 к БС2	1068 ± 125	0,67 ± 0,68	1,38 ± 0,11

При поочередном подключении АТ к соответствующим БС точка №2 находилась в одном из формируемых лучей, при этом, как представлено в таблице, наибольшие уровни ППЭ ( $0,92 \pm 0,61$  мкВт/см<sup>2</sup> по результатам частотно-селективных измерений) наблюдались при подключении абонента к базовой станции БС2, находящейся ближе к точке измерений, чем базовая станция БС1. По данным широкополосных измерений уровни ППЭ были незначительно выше при подключении АТ1 к БС1 и составили  $1,52 \pm 0,20$  мкВт/см<sup>2</sup>.

При одновременном подключении двух АТ к соответствующим БС, когда точка №2 находилась на пересечении двух сформированных лучей, уровни ППЭ составили  $0,67 \pm 0,68$  мкВт/см<sup>2</sup> и  $1,38 \pm 0,11$  мкВт/см<sup>2</sup> по результатам частотно-селективных и широкополосных измерений соответственно. В условиях формирования двух различных лучей к активным АТ на границах зон обслуживания БС максимальная скорость суммарного трафика изменялась в диапазоне от 879 до 1237 Мбит/с.

**Обсуждение.** Представленные результаты оценки наибольших уровней ЭМП РЧ, характеризующие возможные условия экспозиции человека на различных расстояниях от БС сети мобильной связи поколения 5G, были получены с использованием искусственного приема – моделирования нисходящей линии связи от БС к АТ, что обеспечивало «вынужденное» формирование луча в точках измерений. По литературным данным подобный прием получил широкое распространение на практике для экспериментальной оценки максимальных уровней ЭМП РЧ в диапазоне FR1, причем в ряде исследований были реализованы сходные с рассмотренными выше условия эксплуатации БС стандарта 5G NR/IMT-2020.

Результаты широкополосных измерений фоновых уровней ЭМП РЧ, характеризующих режим эксплуатации БС поколения 5G в отсутствие передачи трафика к абонентам, однако, учитывающих также сигналы от других радиотехнических систем, не превышали  $1,7 \text{ мкВт/см}^2$  на всех исследуемых площадках.

В режиме формирования луча к активному АТ наблюдалось повышение уровней ЭМП РЧ, которое наиболее выражено было в точка №1, на расстоянии 40 м от БС – до  $59,75 \text{ мкВт/см}^2$  в радиоканале сигнала стандарта 5G. По данным зарубежных исследований при высокой скорости трафика уровень ППЭ от БС поколения 5G в диапазоне FR1 может достигать около  $230 \text{ мкВт/см}^2$  на расстоянии 30 м [15],  $39,8\text{-}77,9 \text{ мкВт/см}^2$  на расстоянии 40 м [7], около  $21,5 \text{ мкВт/см}^2$  на расстоянии 50 м [16].

При формировании луча от БС к АТ уровни ППЭ в точке №2, удаленной на расстояние 150-160 м, были сопоставимы с фоновыми уровнями и не превышали  $1,6 \text{ мкВт/см}^2$ . В зарубежных натурных исследованиях на аналогичном удалении от БС в режиме передачи максимальные уровни ППЭ составляли от 1,6 до  $2,4 \text{ мкВт/см}^2$  на расстояниях 175-200 м [17] и 3,4 до  $5,2 \text{ мкВт/см}^2$  на расстояниях 80-95 м [10].

Анализ уровней ППЭ в формируемом луче от БС при различном положении двух активных АТ показал, что в случае одновременной работы двух АТ, находящихся рядом (в одном луче), наблюдалось повышение ППЭ в точке №1 на 29% по результатам частотно-селективных измерений и на 6% – широкополосных измерений, что согласуется с литературными данными [18], где отмечается незначительное увеличение (на 8%) уровня электромагнитной экспозиции в луче БС поколения 5G при одновременном подключении двух, трех или четырех АТ в одной точке.

При пространственном разнесении активных АТ в секторе обслуживания одной БС наблюдалась иная закономерность: при удалении двух АТ от точки измерений, что способствовало формированию двух различно-ориентированных лучей от БС, наблюдалось снижение ППЭ в одном из лучей на 44% по результатам частотно-селективных измерений и на 29% – широкополосных измерений. По оценкам зарубежных исследователей снижение уровней электромагнитной экспозиции БС стандарта 5G при одновременном подключении двух различных АТ может достигать 34%, а при четырех АТ – 73% [18].

Проведенные натурные исследования с использованием двух активных АТ позволили также оценить пространственную неоднородность электромагнитного фона, обусловленную реализацией технологией формирования нескольких лучей.

Так, при пространственном разнесении активных АТ уровень ППЭ в точке между лучами к ним снизился по сравнению с уровнем в одном из лучей: в 2,5 раза по результатам селективных измерений и в 4,4 раза – по результатам широкополосных измерений. Рассмотренные данные моделируют условия электромагнитной экспозиции человека, который не является активным пользователем мобильной связи в данный момент времени, но может находиться поблизости, например, на расстоянии порядка 20 м от АТ, подключенного к сети. Необходимо отметить, что уровни ЭМП РЧ, полученные с помощью широкополосных средств измерения, как правило, превышают результаты частотно-селективных измерений [2], однако, согласно полученным данным эта закономерность не прослеживается для результатов оценки максимальных уровней ППЭ в точке №1 при различных режимах эксплуатации БС, что можно объяснить плотной городской застройкой на площадке измерений и возможными эффектами переотражения, а также различием частотных характеристик измерительных антенн в различных методах измерения.

Результаты проведенных исследований в тестовой зоне 5G показали, что в режиме активной передачи трафика к абонентским терминалам максимальные уровни ЭМП РЧ, создаваемые БС поколения 5G превышали предельно допустимый уровень для населения ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ) только на площадке вблизи БС (на расстояниях порядка 20-40 м), причем как по данным широкополосных, так и частотно-селективных средств измерения. На второй площадке, соответствующей пересечению границ зон обслуживания различных БС (на расстояниях более 150 м) несмотря на сохранение высокой скорости трафика, зарегистрированные максимальные уровни ППЭ не превышали  $2 \text{ мкВт/см}^2$ . По результатам предыдущих натурных исследований [19], проведенных на территории аналогичной тестовой зоны поколения 5G, характерные максимальные уровни ППЭ по результатам частотно-селективных измерений были значительно меньше значений, полученных в настоящей работе, как для режима сканирования ( $0,11 \text{ мкВт/см}^2$ ), так и в луче передачи трафика от БС к одному АТ ( $5,67 \pm 1,13 \text{ мкВт/см}^2$ ). Полученные в ходе натурных измерений оценки уровней ППЭ, создаваемых БС сотовой связи поколения 5G в луче к одному абоненту, характеризуют теоретические максимально возможные уровни электромагнитной экспозиции человека в точке исследования, однако можно полагать, что в реальных условиях эксплуатации коммерческих сетей фактические уровни ЭМП будут значительно ниже рассмотренных. Снижение уровней ППЭ в месте нахождения активного абонента будет обусловлено распределением электромагнитной энергии между

множеством лучей к другим абонентам, которые могут находиться на значительном расстоянии друг от друга, вариацией ширины луча, создаваемого БС, а также использованием динамического управления мощностью БС [15].

Представленные результаты оценки уровней ППЭ, создаваемые БС сети стандарта 5G NR/IMT-2020 при «вынужденном» формировании луча в точку измерений, следует рассматривать как ориентировочные данные, характеризующие возможные максимальные (пиковые) уровни ЭМП РЧ при кратковременной экспозиции во время эксплуатации систем мобильной связи нового поколения. В дальнейшем для проведения натуральных исследований по контролю и гигиенической оценке условий электромагнитной экспозиции, формируемых антенными системами нового типа (massive MIMO) с динамической диаграммой направленности, представляется необходимым разработка требований к усреднению ППЭ в пространстве и временной области, а также применение кодо-селективных измерений ППЭ от систем поколения 5G и разработки подходов экстраполяции их результатов для определения фактических максимальных уровней [4,11,12,14,15,20].

**Заключение.** На современном этапе развития и внедрения сетей мобильной связи нового поколения проблема гигиенической оценки электромагнитной экспозиции человека, создаваемой антенными системами БС с динамической диаграммой направленности, требует комплексного решения и проработки прежнего всего методического аспекта инструментального контроля ЭМП РЧ. В рамках натуральных исследований в тестовой зоне 5G проведен анализ максимальных возможных уровней ППЭ при различных конфигурациях АТ относительно БС сети, показано как увеличение, так и снижение уровней ЭМП РЧ при увеличении количества активных абонентов в сети. Применение активных АТ для формирования направленного луча в точку измерения является одним из популярных подходов при инструментальной оценке систем нового типа, но требует дополнения частотно - и кодо-селективными методами в рамках дальнейшего совершенствования гигиенической оценки ЭМП РЧ.

### Список литературы:

1. Huang W.W., HuY.N., Zhu J.J., Cen Z.N., Bao J.L. The Measurement and Evaluation of the Electromagnetic Environment from 5G Base Station. Detection. 2022; 9: 1-11.
2. Козел В.М., Ковалев К.А., Жолудь А.В. Результаты экспериментального исследования распределения плотности потока энергии, создаваемых антенной системой massive MIMO для технологии New Radio (5G). URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/48229> (дата обращения 06.06.2024).

3. Rybakowski M., Bechta K., Grangeat C., Kabacik P. Impact of Beamforming Algorithms on the Actual RF EMF Exposure From Massive MIMO Base Stations. *IEEE Access*. 2023; 11: 141956-141964.
4. Exposito I., Hakizimali C., Garcia Sanchez M., Cuinas I., Verhaevert J. Human exposure to EMF from 5G base stations: analysis, evaluation and comparison of different assessment methods. *Measurement*. 2024; 229: 114434.
5. IEC 62232-2022. Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure. Geneva: IEC; 2022.
6. ETSI TS 138 104 V17.7.0 (2022-10) 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 17.7.0 Release 17). URL: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/138100\\_138199/138104/17.07.00\\_60/ts\\_138104v170700p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138100_138199/138104/17.07.00_60/ts_138104v170700p.pdf) (дата обращения 26.04.2024).
7. Wei Q., Ge X., Liu J., Li H. A study on the ambient electromagnetic radiation level of 5G base stations in typical scenarios. *Radiat Detect Technol Methods*. 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41605-024-00452-1#citeas> (дата обращения 06.06.2024).
8. Henderson S., Bhatt C., Loughran S. A survey of the radiofrequency electromagnetic energy environment in Melbourne, Australia, *Radiat Prot Dosimetr* 2023 Apr 19;199(6):519-526.
9. Gong Y., Guo X., Qiuxin Liu Q., Long Y., Li Y. Monitoring and Analysis of the Current Environmental Situation of Electromagnetic Radiation from 5G Application Base Stations. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2022; 2242, 012026:1-8.
10. Ursachianu M. V., Lazarescu C., Bejenaru O. Salceanu A. Human exposure in a 5G cellular base station environment in residential districts of Iasi city. *IMEKO TC-4 2022, Brescia, Italy*. 2022; Sept: 204-209.
11. Aerts S., Verloock L., Van Den Bossche M., Colombi D., Martens L., Tornevik C. et al. In-Situ Measurement Methodology for the Assessment of 5G NR Massive MIMO Base Station Exposure at Sub-6 GHz Frequencies. *IEEE Access*. 2019; 7: 184658–184667.
12. Bienkowski P., Zubrzak B., Sobkiewicz P., Bechta K., Rybakowski M. Simplified Methodology of Electromagnetic Field Measurements in the Vicinity of 5G Massive MIMO Base Station for Environmental Exposure Assessment. *IEEE Access*. 2024; 12: 8071-8080.
13. Fellan A., Schotten H.D. Overview of the Evaluation Methods for the Maximum EMF Exposure in 5G Networks. *IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)*. 2022: 53-57.
14. Lebl A., Budimir D. Maximum electric field estimation in the vicinity of 5G base stations before their start-up. *Vojnotehnički glasnik*. 2023; 71(2): 345-361.
15. Aerts S., Deprez K., Verloock L., Olsen R.G., Martens L., Tran P. et al. RF-EMF Exposure near 5G NR Small Cells. *Sensors (Basel)*. 2023; Mar 15; 23(6): 3145.
16. Sali A., Wali S. Q., Osman A. F. Evaluation of RF-EMF Exposure for sub-6GHz 5G NR Massive MIMO Base Station. *2022 IEEE 6th International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT), Johor Bahru, Malaysia*. 2022: 16-21.

17. Ursachianu M. V., Lazarescu C., Bejenaru O. Salceanu A. Assessment of human exposure to EMF generated by 5G mobile phone base stations. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2022;1254 (1): 012026.
18. Deprez K., Verloock L., Colussi L., Aerts S., Van den Bossche M., Kamer J. et al. In-situ 5G NR base station exposure of the general public: comparison of assessment methods. *Radiat. Prot. Dosim.* 2022; 198(6): 358–369.
19. Перов С.Ю., Белая О.В. Электромагнитная обстановка, создаваемая базовыми станциями сотовой связи в пилотной зоне 5G. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(6): 538-543.
20. Migliore M. D., Franci D., Pavoncello S., Grillo E., Aureli T., Adda S. et al. A New Paradigm in 5G Maximum Power Extrapolation for Human Exposure Assessment: Forcing gNB Traffic Toward the Measurement Equipment. *IEEE Access*. 2021; 9: 101946-101958.

## References:

1. Huang W.W., HuY.N., Zhu J.J., Cen Z.N., Bao J.L. The Measurement and Evaluation of the Electromagnetic Environment from 5G Base Station. *Detection*. 2022; 9: 1-11.
2. Kozel V.M., Kovalev K.A., Zhopov A.V. Results of an experimental study of the energy flow density distribution created by the massive MIMO antenna system for new radio technology (5G). URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/48229> (access date 06.06.2024).
3. Rybakowski M., Bechta K., Grangeat C., Kabacik P. Impact of Beamforming Algorithms on the Actual RF EMF Exposure from Massive MIMO Base Stations. *IEEE Access*. 2023; 11: 141956-141964.
4. Exposito I., Hakizimali C., Garcia Sanchez M., Cuinas I., Verhaevert J. Human exposure to EMF from 5G base stations: analysis, evaluation and comparison of different assessment methods. *Measurement*. 2024; 229: 114434.
5. IEC 62232-2022. Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure. Geneva: IEC; 2022.
6. ETSI TS 138 104 V17.7.0 (2022-10) 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 17.7.0 Release 17). URL: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/138100\\_138199/138104/17.07.00\\_60/ts\\_138104v170700p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138100_138199/138104/17.07.00_60/ts_138104v170700p.pdf) (дата обращения 26.04.2024).
7. Wei Q., Ge X., Liu J., Li H. A study on the ambient electromagnetic radiation level of 5G base stations in typical scenarios. *Radiat Detect Technol Methods*. 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41605-024-00452-1#citeas> (access date 06.06.2024).
8. Henderson S., Bhatt C., Loughran S. A survey of the radiofrequency electromagnetic energy environment in Melbourne, Australia, *Radiat Prot Dosimetr* 2023 Apr 19;199(6):519-526.
9. Gong Y., Guo X., Qiuxin Liu Q., Long Y., Li Y. Monitoring and Analysis of the Current Environmental Situation of Electromagnetic Radiation from 5G Application Base Stations. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2022; 2242, 012026:1-8.

10. Ursachianu M. V., Lazarescu C., Bejenaru O. Salceanu A. Human exposure in a 5G cellular base station environment in residential districts of Iasi city. *IMEKO TC-4 2022, Brescia, Italy*. 2022; Sept: 204-209.
11. Aerts S., Verloock L., Van Den Bossche M., Colombi D., Martens L., Tornevik C. et al. In-Situ Measurement Methodology for the Assessment of 5G NR Massive MIMO Base Station Exposure at Sub-6 GHz Frequencies. *IEEE Access*. 2019; 7: 184658–184667.
12. Bienkowski P., Zubrzak B., Sobkiewicz P., Bechta K., Rybakowski M. Simplified Methodology of Electromagnetic Field Measurements in the Vicinity of 5G Massive MIMO Base Station for Environmental Exposure Assessment. *IEEE Access*. 2024; 12: 8071-8080.
13. Fellan A., Schotten H.D. Overview of the Evaluation Methods for the Maximum EMF Exposure in 5G Networks. *IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)*. 2022: 53-57.
14. Lebl A., Budimir D. Maximum electric field estimation in the vicinity of 5G base stations before their start-up. *Vojnotehnički glasnik*. 2023; 71(2): 345-361.
15. Aerts S., Deprez K., Verloock L., Olsen R.G., Martens L., Tran P. et al. RF-EMF Exposure near 5G NR Small Cells. *Sensors (Basel)*. 2023; Mar 15; 23(6): 3145.
16. Sali A., Wali S. Q., Osman A. F. Evaluation of RF-EMF Exposure for sub-6GHz 5G NR Massive MIMO Base Station. *2022 IEEE 6th International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT), Johor Bahru, Malaysia*. 2022: 16-21.
17. Ursachianu M. V., Lazarescu C., Bejenaru O. Salceanu A. Assessment of human exposure to EMF generated by 5G mobile phone base stations. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2022; 1254 (1): 012026.
18. Deprez K., Verloock L., Colussi L., Aerts S., Van den Bossche M., Kamer J. et al. In-situ 5G NR base station exposure of the general public: comparison of assessment methods. *Radiat. Prot. Dosim.* 2022; 198(6): 358–369.
19. Perov S.Yu., Belaya O.V. Electromagnetic environment created by mobile communication base stations in the 5G pilot area. *Gigiena i sanitariya*. 2023; 102(6): 538-543. (In Russ).
20. Migliore M. D., Franci D., Pavoncello S., Grillo E., Aureli T., Adda S. et al. A New Paradigm in 5G Maximum Power Extrapolation for Human Exposure Assessment: Forcing gNB Traffic Toward the Measurement Equipment. *IEEE Access*. 2021; 9: 101946-101958.

Поступила/Received: 19.06.2024

Принята в печать/Accepted: 21.06.2024

УДК 613.6:613.8:612.1:612.8

## ОЦЕНКА НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ «ТЕППИНГ-ТЕСТ (КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА)»

Федотова И.В., Некрасова М.М., Орлов А.Л., Васильева Т.Н., Телюпина В.П., Скворцова В.А.

ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,  
Нижний Новгород, Россия

Изучение функционального состояния водителей, в том числе с использованием методов оценки нейродинамических показателей нервной системы, является важным звеном в системе обеспечения безопасности дорожного движения «водитель-автомобиль-дорога-среда».

**Цель исследования** – изучение свойств нервной системы по психомоторным показателям у водителей-профессионалов в зависимости от возраста, стажа и фактора аварийности с применением разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)».

**Материалы и методы.** В исследовании на основании добровольного информированного согласия приняли участие 474 водителя автотранспорта (мужчины, средний возраст  $52,3 \pm 0,4$  лет, средний стаж вождения  $28,9 \pm 0,6$  лет). Среди водителей проводилось клиническое обследование, психодиагностическое тестирование по стандартным методикам, анкетный опрос по условиям труда. 106 водителей прошли компьютерное тестирование с применением разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)».

**Результаты.** В данной профессиональной группе высока распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, повышенное артериальное давление было зафиксировано у 59,8% водителей. Согласно анкетному опросу, более половины опрошенных водителей отметили фактор напряженности – «сложные дорожные ситуации» (57,8%). Участниками ДТП были 20% водителей. Анализ зарегистрированных нейродинамических показателей демонстрирует снижение скорости психомоторных реакций в зависимости от возраста и стажа ( $r = -0,41$ ,  $p = 0,000006$ ;  $r = -0,382$ ,  $p = 0,00003$ ). В группе водителей безаварийного вождения преобладают лица со стабильной и сильной нервной системой, при этом значение эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы (ЭКОТНС) у них достоверно выше  $0,689 \pm 0,01$  ( $p = 0,01$ ), чем у участников ДТП. **Заключение.** Наибольшее влияние на работоспособность водителей оказывают шум, общая вибрация, сложные дорожные ситуации. При использовании разработанной программы было установлено, что показатели психомоторной реакции зависят от эмоционального состояния водителей и уровня их работоспособности. Была показана возможность использования ЭКОТНС для анализа надежности

водителей, снижение данного показателя достоверно ассоциируется с фактором аварийности.

**Ключевые слова:** водители, условия труда, компьютерная диагностика, нейропсихологическое тестирование, теппинг-тест, тип нервной системы, функциональное состояние организма, работоспособность

**Для цитирования:** Федотова И.В., Некрасова М.М., Орлов А.Л., Васильева Т.Н., Телюпина В.П., Скворцова В.А. Оценка нейродинамических показателей у профессиональных водителей с использованием разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест» (количественная оценка). Медицина труда и экология человека. 2024;2:20-31.

**Для корреспонденции:** Некрасова Марина Михайловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора, e-mail: nmarya@yandex.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10202>

## ASSESSMENT OF NEURODYNAMIC PARAMETERS AMONG PROFESSIONAL DRIVERS USING THE DEVELOPED COMPUTER PROGRAM "TAPPING TEST (QUANTITATIVE ASSESSMENT)"

Fedotova I.V., Nekrasova M.M., Orlov A.L., Vasilyeva T.N., Telyupina V.P., Skvortsova V.A.

Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, Nizhniy Novgorod, Russia

The study of the functional state of drivers using the methods for assessing neurodynamic parameters of the nervous system, is an important link in the driver-car-road-environment road safety system.

The purpose of the study is to investigate the properties of the nervous system according to psychomotor indicators among professional drivers, depending on age, length of service and accident rate factor using the developed computer program "Tapping test (quantitative assessment)".

**Materials and methods.** A total of 474 motor vehicle drivers took part in the study based on voluntary informed consent (men, average age  $52.3 \pm 0.4$  years, average driving experience  $28.9 \pm 0.6$  years). Clinical examination, psychodiagnostic testing according to standard methods, a questionnaire survey on working conditions were conducted among drivers. 106 drivers were assessed for neurodynamic parameters using the developed computer program "Tapping test (quantitative assessment)".

**Results.** In this professional group, the prevalence of cardiovascular diseases is high, high blood pressure was recorded in 59.8% of drivers. According to a questionnaire survey, more than half of the examined drivers noted the tension factor – "difficult road situations" (57.8%). Among the drivers, 20% were involved in an accident. The analysis of

the registered neurodynamic parameters demonstrates a decrease in the rate of psychomotor reactions depending on age and seniority ( $r=-0.41$ ,  $p=0.000006$ ;  $r=-0.382$ ,  $p=0.00003$ ). The group of accident-free drivers is dominated by people with a stable and strong nervous system, while the value of the empirical coefficient for assessing the type of nervous system (ECOTNS) they have significantly higher  $0.689 \pm 0.01$  ( $p=0.01$ ) than the participants in the accident. Conclusion. Noise, general vibration, and difficult road situations have the greatest impact on drivers' performance. When using the developed program, it was found that the indicators of psychomotor reaction depend on the emotional state of drivers and their level of performance. The possibility of using ECOTNS to analyze the reliability of drivers was shown, a decrease in this indicator is reliably associated with the accident rate factor.

**Keywords:** drivers, working conditions, computer diagnostics, neuropsychological testing, tapping test, type of nervous system, functional state of the body, efficiency

**Citation:** Fedotova I.V., Nekrasova M.M., Orlov A.L., Vasilyeva T.N., Telyupina V.P., Skvortsova V.A. Assessment of neurodynamic parameters among professional drivers using the developed computer program "Tapping Test". Occupational health and human ecology. 2024;2:20-31.

**Correspondence:** Marina M. Nekrasova – Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher at the Hygiene Department, Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, e-mail: nmarya@yandex.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10202>

Нейропсихологические методы оценки функциональных систем организма имеют широкое применение в гигиенических исследованиях и медицине труда [1-8]. По мнению специалистов, неспецифические нейропсихологические нарушения часто являются самыми ранними признаками неблагоприятного воздействия факторов окружающей и производственной среды малой интенсивности [1]. В настоящее время активно разрабатываются и внедряются в практику скринингового обследования автоматизированные компьютерные варианты стандартизованных диагностических экспресс-методов, что согласуется с международной направленностью данного подхода [5,6]. Так, в соответствии с рекомендациями Научного комитета по нейротоксикологии и психофизиологии (SCNP) Международного конгресса по гигиене труда (ICOH) использование компьютерных тестов позволяет более экономично масштабировать и изучать большие группы населения [9].

Сотрудниками ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора) была разработана программа для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)» на основе методики экспресс-диагностики Е.П. Ильина свойств нервной системы (НС) по

психомоторным показателям<sup>1</sup>. Данный метод позволяет при регистрации временных изменений максимального темпа движений кистью определить тип силы-слабости НС, устойчивость и выносливость личности к разнообразным продолжительным раздражителям [3, 10-12].

В отличие от стандартной методики, разработанная программа для ЭВМ имеет расширенные возможности для целей научного исследования. Она позволяет в автоматизированном режиме проводить количественную оценку основных общепринятых и дополнительно введенных показателей, характеризующих свойства НС; построить графики кривой темпа движения кисти; провести дифференцировку лиц по значению эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы (ЭКОТНС) внутри групп с одинаковым типом НС; определить коэффициент функциональной асимметрии при выполнении теста последовательно правой и левой рукой. Программа была успешно апробирована при оценке успеваемости у студентов-медиков в зависимости от типа НС [10].

В настоящей работе приведены результаты нейропсихологического исследования с применением разработанной программы в группе профессиональных водителей. Труд водителей автотранспортных средств характеризуется воздействием стрессогенных вредных производственных факторов, таких как шум, вибрация, пыль, вредные вещества воздуха рабочей зоны, в сочетании с гипокинезией и высокой напряженностью труда, обусловленной нерациональным рабочим графиком, сменным режимом труда, сложной дорожной ситуацией, риском для жизни [13-16]. Хронический производственный стресс приводит к нарушению гомеостатических механизмов, дисбалансу регуляторных систем, развитию утомления и снижению работоспособности. Изучение функционального состояния водителей, в том числе и по психомоторным показателям НС как составляющим звеном надежности профессиональной деятельности водителей, наряду с оценкой состояния их здоровья имеет важное значение для обеспечения безопасности дорожного движения, профилактики производственно обусловленных заболеваний.

**Цель исследования:** изучение свойств нервной системы по психомоторным показателям у водителей-профессионалов в зависимости от возраста, стажа и фактора аварийности с применением разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)»

**Материалы и методы.** В исследовании на основании добровольного информированного согласия приняли участие 474 водителя автотранспорта предприятия водоснабжения и водоотведения (мужчины в возрасте 21 – 67 лет ( $52,3 \pm 0,4$ ), со средним стажем вождения  $28,9 \pm 0,6$  лет и стажем работы на предприятии от 0,5 до 41 года), проходивших углубленное медицинское обследование в центре профпатологии ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора. Оценивались показатели систолического и диастолического артериального

---

<sup>1</sup> Теппинг-тест (количественная оценка). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611044, 31.01.2010.

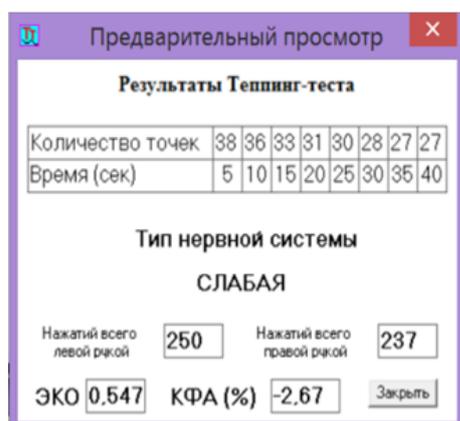
давления (САД, ДАД), индекса массы тела (ИМТ), общего холестерина (ХС), глюкозы натощак, общего анализа крови. Вероятность развития преморбидных состояний ( $r_{\text{преморб.}}$ ) рассчитывали на основе зарегистрированных показателей variability сердечного ритма согласно методике Р.М. Баевского<sup>2</sup>. Анкетирование работников проводили методом прямого опроса по специализированной анкете, разработанной сотрудниками ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора «Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье водителей», которая содержит 23 вопроса, касающихся оценки факторов производственной среды и трудового процесса, самооценки здоровья, образа жизни, установления стресс-факторов, влияющих на развитие неблагоприятных состояний у водителей (недостаточность отдыха, количество рейсов за смену, сверхурочная работа, сложные дорожные условия, частота предаварийных ситуаций, участие в ДТП, их количество и т.д.). Для оценки уровня работоспособности использовали стандартный опросник «Дифференцированная оценка работоспособности» (ДОРС - модификация А.Б.Леоновой и С.Б.Величковой)<sup>3</sup>, определяли индексы состояний сниженной работоспособности: индекс утомления – ИУ, индекс монотонии – ИМ, индекс пресыщения – ИП, индекс стресса – ИС. Психодиагностика водителей проводилась по методикам: «Оценка ситуативной и личностной тревожности» Ч.Спилбергера (СТ, ЛТ, модификация Ю.Л.Ханина) «Уровень эмоциональной дезадаптации» (УЭД, авторы – В.Н.Григорьева, А.Ш.Тхостов)<sup>4</sup>.

Компьютерное тестирование с применением разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» проводилось среди 106 водителей, регистрировалось количество нажатий клавиши «Ctrl» за последовательные пятисекундные интервалы в течение 40 с. По характеру изменений определялся тип нервной системы: одинаковый темп нажатий соответствовал стабильной НС, увеличение темпа нажатий по сравнению с первоначальным – сильной НС, постоянно уменьшающийся темп – слабой НС. Для промежуточных типов НС (средне-сильная, средне-слабая) характерны изменения количества нажатий: от увеличения к снижению или наоборот в разные отрезки времени. Для количественного ранжирования был разработан эмпирический коэффициент оценки типа нервной системы (ЭКОТНС), значения которого изменялись от 0,83 до 1 для сильной НС;  $0,67 \leq \text{ЭКОТНС} < 0,83$  для стабильной НС;  $0 \leq \text{ЭКОТНС} < 0,67$  для средне-сильной, средне-слабой и слабой НС [10]. Также фиксировалось число нажатий правой и левой рукой, ЭКОТНС для правой и левой руки (ЭКОТНС<sub>прав.</sub>, ЭКОТНС<sub>лев.</sub>), коэффициент функциональной асимметрии (КФА, %). Результаты тестирования выводились на экран компьютера (рисунок 1).

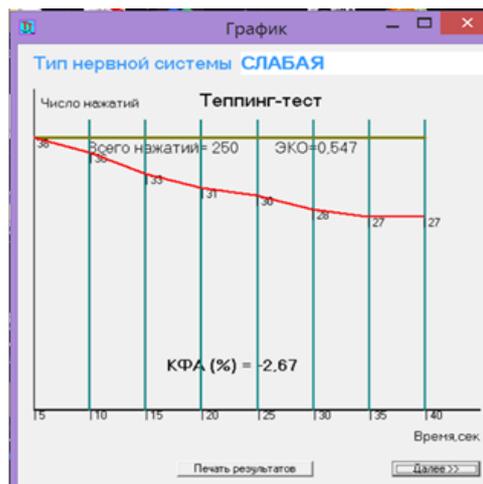
<sup>2</sup> Баевский Р.М., Черникова А.Г., Усс О.И. Способ оценки адаптационного риска в донозологической диагностике. Патент на изобретение RU 2586041 С2, 10.06.2016.

<sup>3</sup> Водопьянова Н. Е. Психодиагностика стресса. СПб.: Питер; 2009.

<sup>4</sup> Григорьева В.Н., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека. Патент на изобретение RU 2291720 С1, 20.01.2007.



а)



б)

**Рис. 1.** Результаты компьютерного тестирования с использованием разработанной программы «Теппинг-тест»: а) окно программы с количественными показателями теппинг-теста; б) окно программы с графиком числа нажатий за последовательные пятисекундные интервалы (всего 8 интервалов)

**Figure 1.** The results of computer testing using the developed «Tapping-Test» program: а) the program window with quantitative indicators of the tapping test; б) the program window with a graph of the number of clicks in consecutive five-second intervals (total 8 intervals)

Для статистического анализа использовали пакет программ Statistica 12.

Сравнительный анализ проводился в двух группах водителей, не участвовавших и участвовавших в ДТП (1 группа: 84 человека, возраст –  $48,8 \pm 1,2$  стаж –  $25,4 \pm 1,3$ ; 2 группа: 22 человека, возраст –  $50,9 \pm 2,3$  стаж –  $25,3 \pm 2,8$ ,  $p > 0,05$ ). Методом прямого интервьюирования было установлено, что данные водители не имели тяжелых последствий в результате ДТП, а количество аварий составило от 1 до 5.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003.

**Результаты.** Согласно анкетным данным, из факторов производственной среды, негативно влияющих на состояние здоровья и работоспособность, повышающих риск развития утомления и ошибочных действий, большинство водителей указали шум (64,3%), общую вибрацию (62,8%). Высокую личную ответственность и

зрительное напряжение указали почти половина водителей (45,7%), физическое напряжение, связанное с работой в позе сидя, – 39%. Более половины опрошенных отметили фактор напряженности – «сложные дорожные ситуации» (57,8%). Участниками дорожно-транспортных происшествий (ДТП) были 20% водителей.

Утомление в конце смены у водителей проявляется «общей усталостью» (отметили 75,9% респондентов), «болями в области спины, шеи, плеч и «усталостью глаз» (17%). На значительное ухудшение самочувствия в связи с работой пожаловались 9 водителей (2%).

При оценке состояния здоровья обследуемых водителей была установлена высокая распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в данной профессиональной группе. Повышенное АД зафиксировано у 59,8% водителей; абдоминальное ожирение – в 54,7%; ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup> – в 62,3%; гипергликемия – в 22,7%. Доля лиц с уровнями ХС более 4,9 ммоль/л составила 67,7% случаев, доля курящих лиц – 46,7 %.

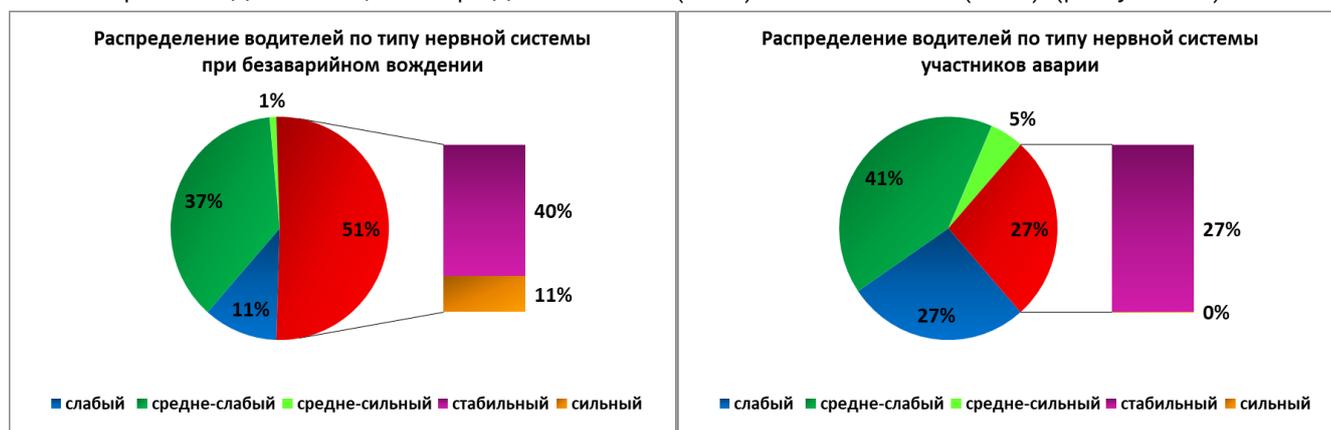
Необходимо отметить, что среднегрупповые значения индексов работоспособности (ИУ = 14,9±0,18; ИМ = 17,7±0,15; ИП = 15,4±0,18, ИС=16,7±0,15) демонстрировали умеренную степень ее снижения, значения СТ=31,3±0,38 и ЛТ=35,2±0,32 также характеризовались средним уровнем.

Результаты компьютерного тестирования с помощью разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» позволили установить следующие зависимости. При увеличении возраста водителей наблюдали достоверное снижение скорости психомоторной реакции по количеству нажатий правой и левой кистью (соответственно:  $r=-0,317$ ,  $p=0,0006$ ;  $r=-0,41$ ,  $p=0,000006$ ). При повышении стажа более низкое количество нажатий регистрировали правой кистью ( $r=-0,382$ ,  $p=0,00003$ ;  $r=-0,30$ ,  $p=0,001$ ). При этом было отмечено, что у менее тревожных водителей по уровню СТ количество нажатий выше ( $r=-0,192$ ,  $p=0,04$ ). Одним из нейродинамических показателей функционального состояния ЦНС является КФА. Было установлено, что повышение этого параметра ассоциировалось с увеличением вероятности  $p_{\text{преморб.}}$  ( $r=0,204$ ,  $p=0,039$ ) и уменьшением активности антиоксидантного фермента каталазы в эритроцитах ( $r=-0,347$ ,  $p=0,0195$ ), что указывает на снижение адаптационного потенциала у водителей при возрастании различий в скорости движений правой и левой кисти.

У водителей, у которых показатель ЭКОТНС<sub>лев.</sub> был выше, наблюдались достоверно более низкие значения индекса утомления и уровня эмоциональной дезадаптации (соответственно:  $r=-0,21$ ,  $p=0,027$ ;  $r=-0,258$ ,  $p=0,005$ ), они реже отмечали фактор «сложные ситуации на дороге» ( $r=-0,21$ ,  $p=0,024$ ). Чем более

высоким был показатель ЭКОТНС, тем большей выносливостью к динамическим нагрузкам характеризуется НС и соответствует сильному типу.

В нашем исследовании была установлена достоверная обратная зависимость показателя, характеризующего тип НС – ЭКОТНС<sub>прав.</sub> и фактора «наличие аварий» ( $r=-0,242$ ,  $p=0,0125$ ). Сравнительный анализ двух групп водителей, не участвовавших и участвовавших в ДТП, показал достоверное различие по данному показателю (ЭКОТНС<sub>прав.1</sub>= $0,689\pm 0,01$  против ЭКОТНС<sub>прав.2</sub>= $0,594\pm 0,03$ ,  $p=0,01$ ). При оценке и анализе распределения водителей по типу НС в двух группах было установлено, что в первой группе преобладают лица со стабильной (40%) и сильной НС (11%), в совокупности их доля составила  $51,2\pm 5,4\%$ , что достоверно превышает долю лиц со стабильной НС  $27,3\pm 9,5\%$  ( $p=0,04$ ) во второй группе, в которой водителей с сильной НС, участвовавших в ДТП, зарегистрировано не было, преобладали лица со средне-слабой (41%) и слабой НС (27%) (рисунок 2).



**Рис. 2.** Распределение в 2 группах водителей по типу нервной системы, не участвовавших и участвовавших в ДТП, по данным опроса

**Figure 2.** Distribution in 2 groups of drivers by type of nervous system, who were accident-free an accident involved according to the survey

Было отмечено, что у лиц со слабым типом НС выше ИУ, чем у лиц со стабильной НС ( $16,3\pm 0,7$  против  $14,0\pm 0,9$ ,  $p=0,04$ ). Средний уровень САД у водителей со слабым типом НС был достоверно выше, чем у лиц с сильной НС ( $145\pm 3,8$  против  $130,5\pm 1,9$ ,  $p=0,027$ ).

**Обсуждение.** Вредные производственные факторы оказывают негативное влияние на состояние здоровья водителей, повышают риск развития утомления и ошибочных действий при управлении автотранспортом. Результаты обследования свидетельствуют о высокой распространенности факторов риска ССЗ среди водителей, что может оказывать влияние на надежность водителей и безопасность дорожного движения. Благодаря исследованиям по автодорожной

медицине, которые проводились в нашем институте под руководством д.м.н., проф. А.И. Вайсмана, было установлено, что вероятность совершения ДТП водителями с ССЗ повышается в среднем на 10% [17]. В дальнейшем данная взаимосвязь была отмечена в работах других специалистов, которые также указывают на необходимость проведения профилактических мероприятий по снижению факторов риска ССЗ среди водителей для обеспечения безопасности дорожного движения [18-21].

Среди профилактических мероприятий наряду с медицинскими осмотрами и оценкой здоровья водителей, по мнению многих специалистов, необходимой организационной мерой должна быть разработка и внедрение методов определения и прогноза надежности водителей и автоматизированных систем контроля за состоянием работников в условиях управления транспортным средством, что позволит предупредить развитие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, сохранить их трудовое долголетие [13, 16, 22]. В нашем исследовании анализ результатов апробации усовершенствованной компьютерной программы показал, что разработанный алгоритм дифференцировки лиц по значению эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы внутри групп с одинаковым типом НС позволяет выделить группу риска среди водителей по фактору аварийности. Преимуществом разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)» является автоматизированный режим проведения тестирования и дифференциации оценки нейродинамических показателей НС водителя, что позволит использовать ее в качестве модуля диагностической системы, в том числе для проведения предрейсовых осмотров, при профотборе, а также для дистанционного мониторинга функционального состояния водителей с целью предупреждения неблагоприятных изменений НС и снижения риска возникновения аварий.

**Заключение.** Из факторов производственной среды наибольшее влияние на ухудшение работоспособности водителей оказывают шум, общая вибрация, сложные дорожные ситуации. Для безопасности дорожного движения необходимо применять профилактические мероприятия, направленные на снижение риска ССЗ среди обследованных водителей. При использовании разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» было установлено, что показатели психомоторной реакции зависят от эмоционального состояния водителей и уровня их работоспособности (по показателям УЭД, СТ, ИУ), чем выше значение показателя ЭКОТНС, тем большей выносливостью к динамическим нагрузкам

характеризуется НС. Была показана возможность использования дополнительно введенного эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы при нейропсихологическом тестировании для анализа надежности водителей, снижение данного показателя достоверно ассоциируется с фактором аварийности.

### Список литературы:

1. Таиров О.П., Попович Л.Д. Нейропсихологические методы оценки состояния систем организации движения и внимания в гигиенических исследованиях. Гигиена и санитария. 1988;(6):55-58.
2. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Журба О.М. Оценка воздействия допустимых концентраций формальдегида на функциональное состояние центральной нервной системы подростков. Гигиена и санитария. 2017;96(5):474-478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-474-478>.
3. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. Санкт-Петербург: Питер, 2003.
4. Дорофеев В.В., Бажина И.А., Сафонова В.В. Использование методики теппинг-теста при определении вида двигательной активности студентов на занятиях физической культурой. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2022;11(213):167-170. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.11.167-170
5. Austin D, McNames J, Klein K, Jimison H, Pavel M. A statistical characterization of the finger tapping test: modeling, estimation, and applications. IEEE J Biomed Health Inform. 2015;19(2):501-7. doi: 10.1109/JBHI.2014.2384911.
6. Уселенок Г.О., Кирпиченко А.А., Мартынова Е.В., Марцинкевич А.Ф. Использование приложения NEUROSMG:FOT для проведения теппинг-теста. Вестник ВГМУ. 2021;20(5):69-77. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2021.5.69>.
7. Плахов Н. Н., Буйнов Л. Г., Макарова Л. П. Функциональное состояние организма моряков-операторов в плавании. Гигиена и санитария. 2017;96(3):261-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-261-264>.
8. Yang H.G., Liang Y.X., Tang H.W. Neuropsychological effects of lead exposure. Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese journal of preventive medicine]. 1994; 28(1):9-12.
9. Anger W.K. Reconsideration of the WHO NCTB strategy and test selection // Neurotoxicology. 2014; 45(12):224-231. doi: 10.1016/j.neuro.2014.08.003.
10. Шумских Д.С., Рахманов Р.С., Орлов А.Л. Оценка успеваемости студентов с различным типом нервной системы с использованием разработанной программы для ПЭВМ "Теппинг-тест". Гигиена и санитария. 2015;94(3):116-119.
11. Игнатъев Д.И., Налбандян А.Г., Федин М.А. Моделирование сенсомоторной работоспособности методом теппинг-тестирования. Медицина труда и промышленная экология. 2017;(9):82-82.
12. Лебедева С.А., Швед Д.М. Изучение когнитивной работоспособности и психофизиологического состояния человека-оператора в условиях изоляции. Медицина труда и промышленная экология. 2022;62(4):225-231. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-225-231>.
13. Шаповал И.В., Фагамова А.З., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Ильина Л.А., Ларионова Э.А. Анализ причин несчастных случаев у водителей автотранспортных средств на рабочем месте. Медицина труда и экология человека. 2022;2:37-49. <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>.

14. Сорокин Г.А., Шилов В.В., Гребеньков С.В., Сухова Я.М. Оценка профессионально обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016;6:1-5.
15. Меркулова А.Г., Калинина С.А., Комарова С.В. Влияние усталости на управление транспортным средством. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017;(9):126-127.
16. Линник, А.М., Давыдовский А.Г. Системный анализ надежности системы "водитель-автомобиль-дорога-среда" на основе социотехнического подхода как проблема Big Data. *Big Data and Advanced Analytics*. сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года. 2022; 2(6): 225-240. Доступно по: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik\\_Sistemniy.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik_Sistemniy.pdf)
17. Вайсман А.И. Гигиена труда водителей. М.: Медицина, 1988.
18. Трошин В.В., Федотова И.В., Блинова Т.В., Морозова П.Н. Сердечно-сосудистые заболевания у водителей и безопасность дорожного движения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018;(3):27-29. doi: 10.31089/1026-9428-2018-3-27-29.
19. Жилова И.И., Кереева З.Ш., Эльгаров А.А. Инфаркт миокарда у водителей автотранспорта и профессиональная работоспособность. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007;(5):7-10.
20. Tregear S., Bieber-Tregear M., Tiller M. Cardiovascular Disease and Commercial Motor Vehicle Driver Safety. 2007. doi: 10.13140/RG.2.1.1082.0961.
21. Воробьева А.А., Власова Е.М., Шевчук В.В., Алексеев В.Б., Носов А.Е., Пономарева Т.А., Тендрякова С.Ю. Формирование метаболического синдрома как фактора риска патологии системы кровообращения у водителей. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016;(12):5-10.
22. Papis M., Jastrzębski D., Kopyt A., Matyjewski M., Mirosław M. Driver reliability and behavior study based on a car simulator station tests in ACC system scenarios. *Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*. 2019;21:511-521. doi: 10.17531/ein.2019.3.18.

## References:

1. Tairov OP, Popovich LD. Neuropsychological methods of evaluating systems of organization of motor and attention functions in hygiene studies. *Gigiena i sanitariya*. 1988;(6):53-58. [In Russ].
2. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Mylnikova I.V., Zhurba O.M. Assessment of the impact of admissible concentrations of formaldehyde on the functional state of the central nervous system in adolescents. *Gigiena i sanitariya*. 2017;96(5):474-478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-474-478>.
3. Ilyin, E.P. Psychomotor organization of a person. St. Petersburg: Peter; 2003. [In Russ].
4. Dorofeev V.V., Bazhina I.A., Safonova V.V. Use of the tapping test techniques in determining the type of motor activity of students in physical training classes. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2022;11(213):167-170. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.11.p167-170.
5. Austin D, McNames J, Klein K, Jimison H, Pavel M. A statistical characterization of the finger tapping test: modeling, estimation, and applications. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2015;19(2):501-7. doi: 10.1109/JBHI.2014.2384911.
6. Usalionak, G., Kirpichenka, A.A., Martynova, E.V., Martsinkevich, A.F. The use of NEUROSMG:FOT application for carrying out tapping test. *Vestnik VGMU*. 2021;20(5):69-77. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2021.5.69>
7. Plakhov N. N., Buinov L. G., Makarova L. P. The functional state of the body of seafarers-operators in swimming. *Gigiena i sanitariya*. 2017;96(3):261-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-261-264>

8. Yang H.G., Liang Y.X., Tang H.W. Neuropsychological effects of lead exposure. *Zhonghua yu fang yi xue za zhi* [Chinese journal of preventive medicine]. 1994; 28(1):9-12.
9. Anger W.K. Reconsideration of the WHO NCTB strategy and test selection // *Neurotoxicology*. 2014; 45(12):224-231. doi: 10.1016/j.neuro.2014.08.003.
10. Shumskikh D.S., Rakhmanov R.S., Orlov A.L. Assessment of performance in students with different types of the nervous system with the use of the developed software for PC "Tapping-test". *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(3):116-119.
11. Ignatiev D.I., Nalbandyan A.G., Fedin M.A. Modeling sensorimotor performance via tapping-test. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017;(9):82-82. [In Russ].
12. Lebedeva S.A., Shved D.M. Study of cognitive performance and psychophysiological state of an operator in conditions of isolation and crowding. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022;62(4):225-231. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-225-231>.
13. Shapoval I.V., Fagamova A.Z., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beigul N.A., Ilyina L.A., Larionova E.A. Analysis of accident causes at the workplace of motor vehicle drivers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2022;2:37-49. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>
14. Sorokin G.A., Shilov V.V., Greben'kov S.V., Sukhova Ya.M. Evaluation of occupationally conditioned and non-occupational risks of health disorders in truck drivers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;6:1-5.
15. Merkulova A.G., Kalinina S.A., Komarova S.V. The impact of fatigue on driving performance. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017;(9):126-127. [In Russ].
16. Linnik, A.M., Davydovsky A.G. System analysis of the reliability of the driver-car-road-environment system based on a sociotechnical approach as a Big Data problem. In: Big Data and Advanced Analytics. Collection of materials of the 6th International Scientific and Practical Conference, Minsk, 20-21 May, 2020. p. 225-240. [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik\\_Sistemniy.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik_Sistemniy.pdf).
17. Vaisman A.I. Occupational hygiene of drivers. M.: Medicina;1988. [In Russ].
18. Troshin V.V., Fedotova I.V., Blinova T.V., Morozova P.N. Cardiovascular diseases automobile drivers and traffic safety. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;3:27-9. doi: 10.31089/1026-9428-2018-3-27-29.
19. Zhilova, Z.Sh. Kerefova, A.A. Elgarov. Myocardial infarction in automobile transport drivers and occupational performance. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2007;(5):7-10.
20. Tregear S., Bieber-Tregear M., Tiller M. Cardiovascular Disease and Commercial Motor Vehicle Driver Safety. 2007. doi: 10.13140/RG.2.1.1082.0961.
21. Vorob'eva A.A., Vlasova E.M., Shevchuk V.V., Alekseev V.B., Nosov A.E., Ponomareva T.A., Tendryakova S.Yu. Formation of metabolic syndrome as a risk factor of circulatory diseases in drivers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;(12):5-10.
22. Papis M., Jastrzębski D., Kopyt A., Matyjewski M., Mirosław M. Driver reliability and behavior study based on a car simulator station tests in ACC system scenarios. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*. 2019;21:511-521. doi: 10.17531/ein.2019.3.18.

Поступила/Received: 26.02.2024

Принята в печать/Accepted: 02.04.2024

УДК 613.6:331.43:665

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И МЕРЫ ПО ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Мулдашева Н.А.<sup>1</sup>, Каримов Д.О.<sup>1,2</sup>, Каримова Л.К.<sup>1</sup>, Бейгул Н.А.<sup>1</sup>, Шаповал И.В.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБНУ "Национальный НИИ Общественного Здоровья имени Н.А. Семашко", Москва, Россия

Несмотря на проводимые мероприятия по модернизации промышленных предприятий, внедрению современных схем технологий получения продукции, использованию современного оборудования, на предприятиях химической отрасли продолжают регистрироваться профессиональные заболевания, вызванные химическим фактором. В этой связи актуальным являются исследования по выявлению причинно-следственных связей развития профессиональных заболеваний, в том числе острых, вызванных химическим фактором. На основе проведенного анализа разработаны основные направления по минимизации рисков воздействия химического фактора.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ показателей профессиональной заболеваемости вследствие острых отравлений за 55 лет (1967-2022 гг.) на крупнейшем нефтехимическом предприятии, расположенном в Приволжском федеральном округе. Анализ проводился с учетом этиологического фактора, вызвавшего отравление, производств, на которых произошло наибольшее количество случаев отравления с различным числом пострадавших, обстоятельств причин. Профессиональную заболеваемость оценивали в абсолютных и относительных показателях. Индекс профессиональных заболеваний, интегральный показатель частоты и тяжести профессиональных заболеваний, уровня профессионального риска по показателю профессиональной заболеваемости оценивали в соответствии с общепринятой методологией оценки профессионального риска.

**Результаты.** При проведении ретроспективного углубленного анализа показателей острых профессиональных заболеваний на крупнейшем нефтехимическом предприятии установлено, что за анализируемый период регистрировались острые отравления, как групповые, так и с одним пострадавшим. Высокие профессиональные риски нарушения здоровья в результате острых отравления отмечались в 1987-1988 и в 1996 годах, наиболее значимым фактором, вызывающим острые отравления, явился аммиак (23,4% от всех случаев), высокий риск острых отравлений отмечен среди работников основных профессий - аппаратчики, машинисты и слесари. Регистрация острых профессиональных отравлений подчеркивает необходимость разработки стратегии минимизации риска их развития.

**Ключевые слова:** химический фактор, профессиональные заболевания, острые отравления, промышленная безопасность, профилактика рисков.

**Для цитирования:** Мулдашева Н.А., Каримов Д.О., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Шаповал И.В. Потенциальные риски химического воздействия для здоровья работников в условиях нефтехимических производств и меры по их минимизации. Медицина труда и экология человека. 2024;2:32-45.

**Для корреспонденции:** Мулдашева Надежда Алексеевна – научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены труда и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», [muldasheva51@gmail.com](mailto:muldasheva51@gmail.com).

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10203>

## POTENTIAL CHEMICAL RISKS FOR WORKERS' HEALTH IN PETROCHEMICAL PRODUCTIONS AND MEASURES FOR THEIR MINIMIZATION

Muldasheva N.A.<sup>1</sup>, Karimov D.O.<sup>1,2</sup>, Karimova L.K.<sup>1</sup>, Beigul N.A.<sup>1</sup>, Shapoval I.V.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko", Moscow, Russia

Despite ongoing modernization efforts at industrial enterprises, the introduction of modern production technologies, and the use of contemporary equipment, work-related diseases continue to be recorded in the chemical industry. In this context, research into identifying the cause-and-effect relationships in the development of occupational diseases, including acute conditions caused by chemical factors, remains highly relevant. Based on the conducted analysis, main directions for minimizing chemical risks have been developed.

**Materials and Methods.** A retrospective analysis of occupational morbidity due to acute poisonings over 55 years (1967-2022) was conducted at a major petrochemical enterprise located in the Volga Federal District. The analysis took into account the etiological poisoning factor, the productions with the highest number of poisoning cases with various numbers of victims, and the circumstances of the causes. Occupational morbidity was assessed in absolute and relative terms. The index of occupational diseases, the integral indicator of the frequency and severity of occupational diseases, and the level of occupational risk based on the indicator of occupational morbidity were evaluated in accordance with the generally accepted methodology for assessing occupational risk.

**Results.** The retrospective in-depth analysis of acute occupational disease indicators at a major petrochemical enterprise revealed that the analyzed periods registered acute poisonings, both group and individual cases. High occupational health risks due to acute poisonings were noted between 1987 and 1988 and in 1996, with ammonia being the

most significant factor causing acute poisonings (23.4% of all cases). A high risk of acute poisonings was observed among workers in primary occupations - operators, machinists, and fitters. The registration of acute occupational poisonings underscores the need to develop a strategy for minimizing the risk of their occurrence.

**Keywords:** chemical factor, occupational diseases, acute poisoning, industrial safety, risk prevention.

**Citation:** Muldasheva N.A., Karimov D.O., Karimova L.K., Beigul N.A., Shapoval I.V. Potential chemical risks for workers' health in petrochemical productions and measures for their minimization. *Occupational Health and Human Ecology*. 2024;32-45.

**Correspondence:** Nadezhda A. Muldasheva – Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: muldasheva51@gmail.com)

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10203>

Химический фактор продолжает оставаться приоритетным фактором на предприятиях различных отраслей экономики [1-5]. Наибольшему риску его воздействия подвержены работники предприятий химической отрасли [6-8].

В настоящее время благодаря проведению модернизации предприятий, внедрению автоматизированных систем дистанционного управления производственными процессами, непрерывности технологических процессов, использованию современного оборудования, совершенствованию технологии получения продукции достигнуто значительное снижение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий [9-12].

В результате проведенных мероприятий доля профессиональных заболеваний, вызванных химическим фактором, в Российской Федерации имеет тенденцию к снижению и за период с 2013 по 2021 годы составляла соответственно от 26,9 до 14,8% от общего числа профзаболеваний<sup>5</sup>. Тем не менее в 2022 году удельный вес заболеваний, связанных с химическим фактором, увеличился и достиг 17,8%. Основными причинами и источниками загрязнения воздуха рабочей зоны химических предприятий могут быть: негерметичные фланцевые и сальниковые соединения; разгерметизация технологического оборудования, работающего под избыточным давлением, высокой температурой; ручные операции; нарушение технологического режима; проведение ремонтных работ, а также аварийные

---

<sup>5</sup>Государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации за 2013-2022 годы. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Available at: <https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/>

ситуации, связанные с разгерметизацией технологического оборудования [9, 13, 14].

Влияние промышленных ядов на организм человека в значительной степени зависит от их химической активности, способности взаимодействовать с физиологическими и биохимическими, ферментными и иммунными системами организма. При этом большое значение имеют концентрации вредных веществ и продолжительность их воздействия на организм [15]. Особенностью многих промышленных ядов является их политропный характер действия, способность одновременно вызывать поражение нескольких органов и систем организма [16].

В результате воздействия промышленных ядов могут развиваться острые и хронические отравления. Острые отравления чаще возникают при аварийных ситуациях, внезапном освобождении больших количеств вредных веществ [17-20].

Особенностью острых профессиональных отравлений является их групповой характер, определяемый одинаковым перечнем выполняемых работ и условиями труда. Хронические отравления возникают постепенно в результате длительного контакта с вредными веществами при относительно небольших концентрациях [7, 21].

Клиническая картина профессиональных заболеваний, вызванных промышленными ядами, зависит от их тропности к той или иной системе организма и комбинации токсичных веществ, присутствующих в воздухе рабочей зоны, которые могут усиливать суммарный эффект поражений [22-24].

В условиях химических производств острые отравления чаще всего могут вызвать вещества с преимущественным поражением органов дыхания (сероводород, оксиды серы, аммиак, оксиды азота), а также вещества, обладающие общетоксическим действием (диметилформаид, формальдегид, бензол, фенол, окись этилена, стирол, бутиловый спирт) [25-27].

Наибольшее число острых отравлений было зарегистрировано в Российской Федерации в период с 60-х по 90-е годы прошлого столетия, когда концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны зачастую превышали допустимые в пять и более раз. Однако с внедрением современных технологий, герметичного оборудования, проведением профилактических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и качества оказываемой медицинской помощи, уровень профессиональной заболеваемости в последующие годы снизился.

Профессиональные заболевания, вызванные химическим фактором, наносят значительные социальный и материальный ущерб в связи с потерей предприятием опытного высококвалифицированного работника, затратами

средств на возмещение вреда пострадавшему и необходимостью подготовки нового специалиста [28].

Из всего вышесказанного следует, что острые профессиональные заболевания, вызванные вредными веществами, на предприятиях химической отрасли продолжают регистрироваться, что вызывает необходимость проведения их анализа с целью разработки мер по минимизации риска их возникновения.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ показателей профессиональной заболеваемости вследствие острых отравлений и хронических интоксикаций за 42 года (1980-2022 гг.) на крупнейшем нефтехимическом предприятии, расположенном в Приволжском федеральном округе. При этом учитывали этиологический фактор, вызвавший отравления, и выделили производства, в которых произошло наибольшее количество случаев с различным числом пострадавших. Профессиональную заболеваемость оценивали в абсолютных и относительных показателях. Индекс профессиональной заболеваемости, интегральный показатель частоты и тяжести профессиональных заболеваний, уровни профессионального риска по показателю профессиональной заболеваемости оценивали в соответствии с общепринятой методологией оценки профессионального риска.

**Результаты.** Изучаемое нами предприятие относится к крупнейшим нефтехимическим и нефтеперерабатывающим комплексам России, основными направлениями деятельности которого являются производство и реализация продуктов нефтепереработки, основного органического синтеза, синтетических смол и пластических масс, прочих продуктов основной химии.

В состав предприятия входят несколько технологических заводов, а также ряд вспомогательных и обслуживающих подразделений.

Основные рабочие профессии представлены аппаратчиками, операторами, машинистами по обслуживанию насосно-компрессорного оборудования и вспомогательными – слесарями по ремонту технологического оборудования, лаборантами и др.

Химический фактор в изученных нефтехимических производствах представлен вредными веществами различного класса опасности, многие из которых относятся к чрезвычайно токсичным (нитрозометиламин, нитрозодиметилгидразин) и высокотоксичным (диметиламин, серная кислота, бензол), вызывая поражение различных органов и систем организма работников.

В рамках нашего исследования было проведено детальное изучение острых профессиональных заболеваний, связанных с работой на промышленных

предприятиях. Особое внимание уделено определению основных этиологических факторов, вызвавших острое отравление. За анализируемый период было зарегистрировано 188 случаев острых профессиональных заболеваний, в том числе 124 случая, вызванных химическими веществами. Общее количество пострадавших от воздействия химического фактора составило 217 человек.

Анализ показал, что большинство профессиональных отравлений происходило с одним пострадавшим, что составило 71,77% от всех случаев. Групповых случаев острого отравления зарегистрировано 35, или 28,23%, при этом в 12,9% случаев пострадало по два человека, в 5,65% – три человека, в 4,84% – четыре человека, в 1,61% – пять пострадавших (рис. 1). Случаи с 7 и более пострадавшими встречались значительно реже и составляли 0,81%.



**Рис. 1.** Распределение числа происшествий по количеству пострадавших

**Figure 1.** Distribution of the number of incidents by the number of victims

Отдельно стоит отметить, что групповые происшествия, особенно с большим числом пострадавших, хотя и редки, но не несут в себе повышенную степень риска для многих работников и требуют особого внимания к мерам безопасности при проведении газоопасных работ или работ с большим количеством участников. Необходимо осознавать, что даже единичные случаи, затрагивающие большое

количество людей, могут иметь серьезные последствия не только для здоровья отдельных работников, но и для работы всего предприятия.

В ходе нашего исследования был проведен тщательный анализ распределения случаев острых отравлений по годам, позволяющий выявлять основные периоды с наибольшим числом случаев (рис. 2).

Важно отметить, что высокие профессиональные риски нарушения здоровья в результате острых отравлений отмечались с 1987 по 1988 годы, когда прошли групповые отравления с большим количеством пострадавших (15 и 9 пострадавших), и в 1996 году (10 пострадавших), что совпало с периодом массовой приватизации государственных предприятий с различной формой собственности и снижения контроля за соблюдением требований охраны труда.



Рис. 2. Количество случаев

Figure 2. Number of cases

Анализ показал, что наиболее значимым этиологическим фактором, вызывающим острые отравления в 23,4% от всех случаев, являлся аммиак. Сероводород (17,3%), окись углерода (10,7%), ароматические углеводороды (9,8% от всех случаев) также были значимы в возникновении профессиональных отравлений.

Другие этиологические факторы, такие как окислы азота и карбонилы никеля, углеводороды (пропан-пропиленовая фракция), фталевой ангидрид, гептил, также занимают значительную долю в возникновении острых профессиональных отравлений (рис. 3).

По результатам исследований установлено, что только пять работников (2,3%) из 217 умерли в результате острого отравления химическими веществами. Вместе с тем этот показатель является важным индикатором степени серьезности профессиональных заболеваний и требует эффективных мер по обеспечению безопасности на рабочем месте.

Распределение поражающих факторов (с категорией "Другие")

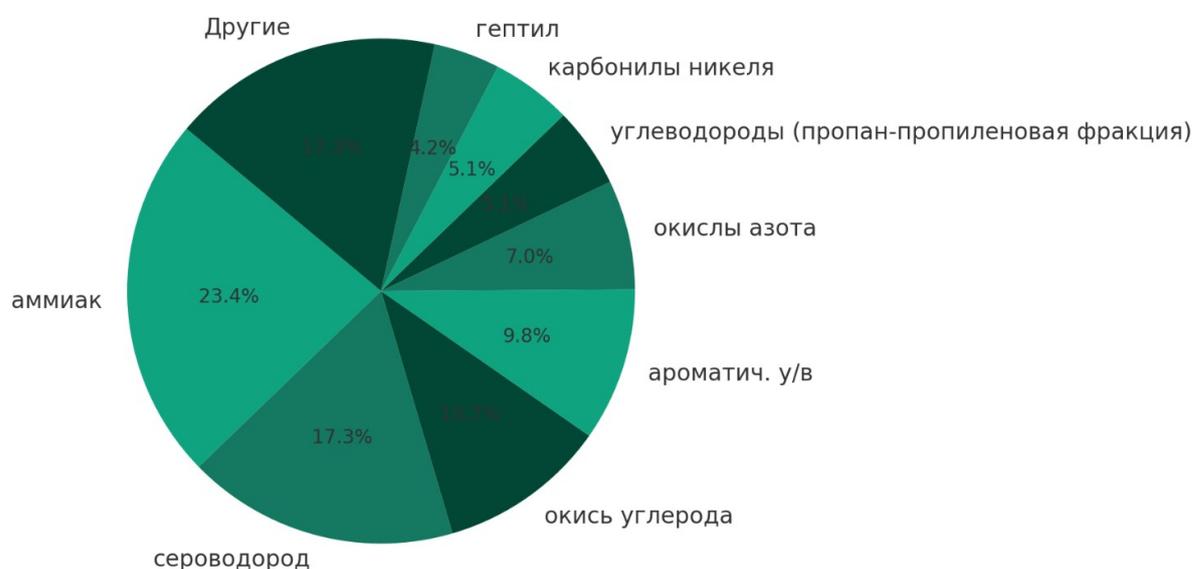


Рис. 3. Распределение поражающих факторов (с категорией «Другие»)

Figure 3. Distribution of damaging factors (from the "Others" category)

Острые отравления чаще всего происходили с работниками завода по производству аммиака и минеральных удобрений (30,30%), бутиловых спиртов, этилбензола-стирола (21,21%), химического завода (15,15%).

Острые отравления регистрировались как среди работников основных профессий – аппаратчики (23,60%), машинисты (14,04%), слесари (10,67%), лаборанты (9,55%), монтажники (7,30%), операторы (7,30%), так и работников вспомогательных подразделений – водители (5,06%). Данные показывают, что большая часть зарегистрированных случаев отравления приходится на персонал, непосредственно занятый в производственном процессе, что указывает на высокий риск профессиональных заболеваний в основных производственных специальностях. В то же время наличие случаев среди вспомогательного

персонала подчеркивает необходимость соблюдения мер безопасности и предоставления соответствующих средств индивидуальной защиты всем категориям работников.

Уровень профессионального риска для здоровья в связи с острыми отравлениями на производстве аммиака и минеральных удобрений оценивался как выше среднего (5,6 случаев на каждые 10 000 работников), в то же время как на производстве и этилбензола-стирола, бутиловых спиртов, химическом заводе риск оценивался как средний (4,3 и 2,6 случая на 10 000 работников соответственно).

**Обсуждение.** При ретроспективном анализе установлено, что за анализируемый период на нефтехимическом предприятии на острые отравления с одним пострадавшим приходилось 71,77% случаев, на групповые с количеством пострадавших от 2 до 15 человек – 28,23%.

Основными этиологическими факторами, вызвавшими острые отравления на предприятии, были аммиак (24,4%), сероводород (17,3%), оксид углерода (10,7%), ароматические углеводороды (9,8%).

Наибольшее количество острых отравлений приходилось на производство аммиака и минеральных удобрений (30,30%), этилбензола-стирола (21,21%), химического завода (15,15%).

Уровень профессионального риска по профессиональным заболеваниям, вызванным химическими веществами раздражающего и остронаправленного действия, оценивался как выше среднего (5,6 случаев на 10 000 работников), в производстве аммиака и минеральных удобрений, в производстве этилбензола-стирола, бутиловых спиртов и химическом заводе как средний (4,3 и 2,6 случая на 10 000 работников соответственно).

За исследуемый период в результате проведения реконструкций отдельных производств, ввод в эксплуатацию современных производств с высоким уровнем автоматизации, размещение основного герметичного оборудования на промышленной площадке, количество острых отравлений значительно снизилось, ежегодно один – два случая в год.

Регистрируемые случаи острых отравлений на предприятии требуют проведения профилактических мероприятий, включающих соблюдение требований охраны труда, производственной безопасности, гигиенических нормативов.

**Заключение.** Поскольку на изученном предприятии продолжают ежегодно регистрироваться случаи острых профессиональных отравлений, оно может быть

отнесено к объектам повышенного риска нарушения здоровья по химическому фактору.

Наибольший уровень профессионального риска острых профессиональных отравлений, обусловленных воздействием химических веществ в основном остронаправленного, раздражающего действия, наблюдается среди работников, занятых на производствах аммиака и бутиловых спиртов, минеральных удобрений, этилбензола-стирола и нефтехимического завода.

Регистрация острых профессиональных отравлений за весь период наблюдения подчеркивает необходимость разработки стратегии минимизации риска воздействия вредных веществ на работников в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы.

Меры по профилактике профессиональных заболеваний, вызванных химическими веществами, и обеспечение безопасных условий труда должны представлять многоуровневую систему, включающую организационные и технические усовершенствования, санитарно-гигиенические и медико-профилактические мероприятия.

Для снижения риска острых профессиональных отравлений на производстве необходимо соблюдать требования по обеспечению безопасности условий труда, не допускать нарушения целостности технологического оборудования, осуществлять постоянный контроль за качеством воздушной среды и эффективностью работы систем вентиляции.

### Список литературы:

1. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Данилов И.П., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г. Определение вероятности нанесения ущерба здоровью работников алюминиевой промышленности в результате воздействия токсичных веществ. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; 3(2):75-8.
2. Березняк И.В., Федорова С.Г., Ильницкая А.В. Токсиколого-гигиенические требования безопасности при работе с пестицидами в сельском хозяйстве. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1243–8.
3. Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Скворцова В.А., Жаркова Е.М., Моисеева Е.В., Мельникова А.А., Калачева Е.С., Телюпина В.П. Оценка факторов профессионального риска на металлургическом предприятии Нижегородской области. *Медицина труда и экология человека*. 2023: 99-117.
4. Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Олещенко А.М., Корсакова Т.Г. Оценка риска формирования профессиональных заболеваний у работников металлургического комбината. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (6): 15-9.
5. Балабанова Л.А., Камаев С.К., Имамов А.А., Радченко О.Р. Оценка риска нарушения состояния здоровья работников машиностроения. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(1): 76-9.

6. Каляганов П.И., Трошин В.В., Сметанина О.Н. Влияние неблагоприятных условий труда химических производств на состояние здоровья рабочих старших возрастных групп. Медицина труда и промышленная экология. 2009; (6): 13-8.
7. Власова Е. М., Устинова О. Ю., Воробьева А.А. Особенности ранней диагностики болезней органов дыхания у стажированных работников химических производств. Санитарный врач. 2020; (4): 32-40.
8. Воробьева А.А., Устинова О.Ю., Власова Е.М. Роль вредных производственных факторов в развитии репродуктивных нарушений у работников предприятий химической промышленности. Профилактическая медицина. 2021; 24; (10): 99-105.
9. Маврина Л.Н., Каримова Л.К., Гимаева З.Ф., Бейгул Н.А., Гимранова Г.Г., Салимгареева Т.М. Условия труда и состояние здоровья работников в производствах этилбензола-стирола. Здоровье населения и среда обитания. 2017; 2 (287): 27-30.
10. Каримова Л.К., Зотова Т.М., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А., Яхина Р.Р., Валеева Э.Т. Факторы риска в производствах органического синтеза. Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2009; 1 (65): 34-8.
11. Мещакова Н.М., Лемешевская Е.П., Шаяхметов С.Ф., Журба О.М. Гигиенический мониторинг основных неблагоприятных факторов в производствах винилхлорида и поливинилхлорида в Восточной Сибири. Медицина труда и промышленная экология. 2017; 10: 42-7.
12. Мещакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Дьякович М.П., Сорокина Е.В. Особенности нарушения здоровья у работников современного производства поливинилхлорида в динамике медицинского обследования. Сибирский медицинский журнал. 2012; 6: 126-8.
13. Салимгареева Т.М., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Маврина Л.Н., Гимаева З.Ф. Гигиенические аспекты оценки условий труда и их влияние на здоровье работников, занятых в производстве фталевого ангидрида. Пермский медицинский журнал. 2015; 32(4): 92-6.
14. Бадамшина Г.Г., Бакиров А.Б., Валеева Э.Т., Кадырова С.Р., Валеева О.В., Каримова Л.К. Особенности состояния здоровья работников химического производства. Здравоохранение Российской Федерации. 2015; 59(5): 45-8.
15. Профессиональная патология: Национальное руководство. В кн.: Измеров Н.Ф., редактор. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2011; 784.
16. Каримова Л.К., Бадамшина Г.Г., Ларионова Т.К., Бейгул Н.А., Маврина Л.Н. Оценка комбинированного воздействия вредных веществ в условиях химических производств. Санитарный врач. 2017; 8: 14-20.
17. Галимова Р.Р., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Валеева Э.Т., Газизова Н.Р. Обоснование профилактики профессиональной заболеваемости работников нефтехимических производств. Гигиена и санитария. 2019; 98(9): 967-71
18. Sen JPB, Sandhu R, Bland S. Chemical incidents. BJA Educ. 2021 Apr; 21(4): 126-132. doi: 10.1016/j.bjae.2020.11.005
19. Yang D, Zheng Y, Peng K, Pan L, Zheng J, Xie B, Wang B. Characteristics and Statistical Analysis of Large and above Hazardous Chemical Accidents in China from 2000 to 2020. Int J Environ Res Public Health. 2022 Nov 24; 19(23): 15603. doi: 10.3390/ijerph192315603.
20. Gorguner M, Akgun M. Acute inhalation injury. Eurasian J Med. 2010 Apr;42(1):28-35. doi: 10.5152/eajm.2010.09.

21. Валеева Э. Т., Бакиров А. Б., Каримова Л. К., Галимова Р. Р. Профессиональные заболевания и интоксикации, развивающиеся у работников нефтехимических производств в современных условиях. *Экология человека*. 2010; (3): 19-23.
22. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Галимова Р.Р. Особенности профессиональных заболеваний и интоксикаций у работников современных нефтехимических и химических производств. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2009; 1 (65): 59-63.
23. Cheng T-J., Huang Y-F., Ma Y-C. Urinary thiodiglycolic acid levels for vinyl chloride monomer exposed polyvinyl chloride workers. *J of Occupational Environmental Medicine*. 2001; 43(11): 934-8.
24. Draminski W., Trojanowska B. Chromatografic determination of thiodiglycolic acid – a metabolite of vinyl chloride. *Archives of Toxicology*. 1981; 48: 289-92.
25. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Галимова Р.Р., Газизова Н.Р. Показатели острой профессиональной заболеваемости у работников в производствах основных органических химических веществ. *Санитарный врач*. 2015; 4: 25-9.
26. Chan C.C. (et al.). Workers' exposures and potential health risks to air toxics in a petrochemical complex assessed by improved methodology. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006; 79: 135-42.
27. Lu Y. (et al.). Occupational Hazard Risk Assessment of Workers Exposed to Benzene in a Petrochemical Enterprise in Shanghai, China. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2016; 34(10): 746-9.
28. Валеева Э.Т., Каримова Л.К., Маврина Л.Н., Мулдашева Н.А. Профессиональный риск нарушений здоровья работающих в химических отраслях промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 12: 19.

## Reference:

1. Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Danilov I.P., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G. Determination of the Probability of Harm to Workers' Health in the Aluminum Industry as a Result of Exposure to Toxic Substances. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; 3(2):75-8. [In Russ].
2. Bereznyak I.V., Fedorova S.G., Ilnitskaya A.V. Toxicological and Hygienic Safety Requirements When Working with Pesticides in Agriculture. *Gigiena i Sanitariya*. 2022; 101(10): 1243–8. [In Russ].
3. Chernikova E.F., Potapova I.A., Skvortsova V.A., Zharkova E.M., Moiseeva E.V., Melnikova A.A., Kalacheva E.S., Telyupina V.P. Assessment of Occupational Risk Factors at a Metallurgical Enterprise in the Nizhny Novgorod Region. *Meditcina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2023: 99-117. [In Russ].
4. Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Oleshchenko A.M., Korsakova T.G. Risk Assessment of the Formation of Occupational Diseases Among Workers at a Metallurgical Enterprise. *Meditcina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018; (6): 15-9. [In Russ].
5. Balabanova L.A., Kamaev S.K., Imamov A.A., Radchenko O.R. Risk Assessment of Health Disorders Among Machinery Manufacturing Workers. *Gigiena i Sanitariya*. 2020; 99(1): 76-9. [In Russ].
6. Kalyaganov P.I., Troshin V.V., Smetanina O.N. The Impact of Adverse Working Conditions in Chemical Productions on Older Workers' Health. *Meditcina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2009; (6): 13-8. [In Russ].

7. Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Vorobyeva A.A. Features of Early Diagnosis of Respiratory Diseases in Experienced Workers of Chemical Productions. *Sanitarnyj Vrach*. 2020; (4): 32-40. [In Russ].
8. Vorobyeva A.A., Ustinova O.Yu., Vlasova E.M. The Role of Harmful Occupational Factors in the Development of Reproductive Disorders Among Chemical Workers. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021; 24; (10): 99-105. [In Russ].
9. Mavrina L.N., Karimova L.K., Gimaeva Z.F., Beigul N.A., Gimranova G.G., Salimgareeva T.M. Working Conditions and Health of Workers in Ethylbenzene-Styrene Productions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017; 2 (287): 27-30. [In Russ].
10. Karimova L.K., Zotova T.M., Mavrina L.N., Beigul N.A., Yakhina R.R., Valeeva E.T. Risk Factors in Organic Synthesis Productions. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2009; 1 (65): 34-8. [In Russ].
11. Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Dyakovitch M.P., Sorokina E.V. Features of Health Disorders Among Workers of Modern Polyvinyl Chloride Production in the Dynamics of Medical Examination. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2012; 6: 126-8. [In Russ].
12. Salimgareeva T.M., Karimova L.K., Beigul N.A., Mavrina L.N., Gimaeva Z.F. Hygienic Aspects of the Assessment of Working Conditions and Their Impact on the Health of Workers in Phthalic Anhydride Production. *Perm'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2015; 32(4): 92-6. [In Russ].
13. Badamshina G.G., Bakirov A.B., Valeeva E.T., Kadyrova S.R., Valeeva O.V., Karimova L.K. Features of the Health Condition of Chemical Production Workers. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2015; 59(5): 45-8. [In Russ].
14. Occupational Pathology: National Guidelines. In: Izmerov N.F., editor. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2011; 784 p. [In Russ].
15. Karimova L.K., Badamshina G.G., Larionova T.K., Beigul N.A., Mavrina L.N. Assessment of the Combined Impact of Harmful Substances in Chemical Productions Conditions. *Sanitarnyj Vrach*. 2017; 8: 14-20. [In Russ].
16. Galimova R.R., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Valeeva E.T., Gazizova N.R. Justification of the Prevention of Occupational Diseases Among Workers in Petrochemical Productions. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(9): 967-71. [In Russ].
17. Sen JPB, Sandhu R, Bland S. Chemical Incidents. *BJA Educ*. 2021 Apr; 21(4): 126-132. doi: 10.1016/j.bjae.2020.11.005.
18. Yang D, Zheng Y, Peng K, Pan L, Zheng J, Xie B, Wang B. Characteristics and Statistical Analysis of Large and Above Hazardous Chemical Accidents in China from 2000 to 2020. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Nov 24; 19(23): 15603. doi: 10.3390/ijerph192315603.
19. Gorguner M, Akgun M. Acute Inhalation Injury. *Eurasian J Med*. 2010 Apr; 42(1): 28-35. doi: 10.5152/eajm.2010.09.
20. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Karimova L.K., Galimova R.R. Occupational Diseases and Intoxications Developing Among Workers in Petrochemical Productions Under Modern Conditions. *Ekologiya Cheloveka*. 2010; (3): 19-23. [In Russ].
21. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Karimova L.K., Galimova R.R. Features of Occupational Diseases and Intoxications Among Workers in Modern Petrochemical and Chemical Productions. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2009; 1 (65): 59-63. [In Russ].

22. Cheng T-J., Huang Y-F., Ma Y-C. Urinary Thiodiglycolic Acid Levels for Vinyl Chloride Monomer Exposed Polyvinyl Chloride Workers. *J of Occupational Environmental Medicine*. 2001; 43(11): 934-8.
23. Draminski W., Trojanowska B. Chromatographic Determination of Thiodiglycolic Acid – A Metabolite of Vinyl Chloride. *Archives of Toxicology*. 1981; 48: 289-92.
24. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Galimova R.R., Gazizova N.R. Indicators of Acute Occupational Morbidity Among Workers in Basic Organic Chemical Substance Productions. *Sanitarny Vrach*. 2015; 4: 25-9. [In Russ].
25. Chan C.C. (et al.). Workers' Exposures and Potential Health Risks to Air Toxics in a Petrochemical Complex Assessed by Improved Methodology. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006; 79: 135-42.
26. Lu Y. (et al.). Occupational Hazard Risk Assessment of Workers Exposed to Benzene in a Petrochemical Enterprise in Shanghai, China. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2016; 34(10): 746-9.
27. Valeeva E.T., Karimova L.K., Mavrina L.N., Muldasheva N.A. Occupational Risk of Health Disorders Among Chemical Workers. *Medsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016;12: 19. [In Russ].

Поступила/Received: 14.02.2024

Принята в печать/Accepted: 02.05.2024

УДК 314.18:314.122(470.57)

**ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНИ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

**Ильина Л.А., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В., Бейгул  
Н.А.**

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

Социально-экономическое развитие во многом является ключевым фактором, определяющим демографические процессы в стране и ее регионах. Демографическая проблема, обусловленная ростом смертности в 2020-2021 гг. вследствие пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, с 2022 года в условиях усиления геополитической нестабильности и санкционного давления стала наиболее острой для большинства российских регионов, к числу которых относится и Республика Башкортостан. Самое непосредственное влияние на динамику медико-демографических процессов в регионе оказывали общая социально-экономическая ситуация, состояние отраслей социальной сферы и рынка труда, уровень и качество жизни населения. В связи с этим изучение динамики основных социальных, экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан, в том числе трудоспособного возраста, является актуальной задачей социально-гигиенического мониторинга.

**Цель исследования:** анализ динамики социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан, в том числе трудоспособного возраста, за 2018-2022 гг.

**Материалы и методы исследования.** В ходе исследования были использованы статистические отчеты Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан (Башкортостанстат), Федеральной службы государственной статистики (Росстат), Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан (Управление Роспотребнадзора по РБ), Министерства семьи, труда и социальной защиты населения Республики Башкортостан (Минтруд РБ) и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруд России).

Анализ социально-экономических показателей и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан (РБ) проводился с учетом нового рискогенного фактора – пандемии COVID-19. В связи с этим динамика ряда показателей рассматривалась как в целом за исследуемый период (2018-2022 гг.), так и в сравнении со значениями этих показателей в пандемийные (2020-2021 гг.) и доковидные 2018 и 2019 гг., а также в постпандемийный 2022 г. Ряд показателей сопоставляли с показателями в целом по Российской Федерации (РФ). Анализ

динамики выбранных показателей был проведен путем расчета темпов роста/снижения индикаторов. Изучение изменений социально-экономических показателей во времени проводилось с использованием методов построения и анализа динамических рядов; анализ отдельных показателей уровня и качества жизни, рынка труда проводился методом цепных подстановок. При расчетах и графических построениях применялся программный пакет «MS EXCEL» (версия Office 365: 2002 (16.0.12527.20278)/10 марта 2020).

**Результаты.** В последние годы на медико-демографическую ситуацию в России и ее субъектах оказывали давление глубокие и масштабные негативные проявления кризисов в мировой и российской экономике в сочетании с последствиями пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, западными санкциями и общей геополитической обстановкой. Динамика медико-демографических процессов в РБ развивалась под влиянием общей социально-экономической ситуации, состояния рынка труда, уровня и качества жизни населения, в том числе в условиях эпидемиологического неблагополучия. Установлено, что в течение 2018-2022 гг. реальные денежные доходы и располагаемые доходы населения (в расчете к показателям предыдущего года) снизились до 96,1% в 2022 году по сравнению с 2018 годом (98,4%). Соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума также ухудшилось: с 327,8 % в 2018 году до 291,2% в 2022 году. В период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 отмечалось снижение ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) – в 2021 году она составляла 69,49 года. По итогам 2022 года, ОПЖ в Башкирии увеличилась до 73,01 года, прибавив 3,52 года, что стало результатом эффекта низкой базы 2021 года. Естественная убыль населения Башкирии, по итогам 2022 года, составляла 12,6 тыс. человек, что на 53,4% меньше, чем в 2021 году, когда показатель был рекордным – 27 тыс. человек. Выявлено, что в 2022 году в Башкирии был зафиксирован рекордно низкий за 30 лет уровень безработицы по методологии Международной организации труда (МОТ) – 2,8%, что ниже среднего значения в целом по России (3,8%). При этом в РБ наблюдался дефицит трудовых ресурсов в ведущих отраслях экономики. Тенденция снижения смертности от всех причин смерти, сложившаяся к началу 2019 года, в 2020-2021гг. под влиянием пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 приобрела резко отрицательный характер. В 2022 г. смертность в республике сократилась на 26,4%, что также обусловлено эффектом низкой базы. В 2022 году основными причинами смерти населения РБ являлись: болезни системы кровообращения – 34,8%, новообразования – 12,9%, смерть по неустановленным причинам – 10,0%. Интенсивный показатель смертности населения трудоспособного возраста в республике в 2022 году практически достиг допандемийных значений – 505,5 человек на 100 тыс. населения, что составило 98,8% по отношению к 2019 году.

**Заключение.** В исследуемый период с 2018 по 2022 гг. основные социально-экономические показатели жизни и медико-демографические характеристики населения Республики Башкортостан находились в русле общероссийских и

региональных трендов. Проведенный анализ социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения РБ, состояния трудовых ресурсов, заболеваемости, смертности свидетельствуют о необходимости разработки управленческих решений для улучшения ситуации в рассматриваемых областях.

**Ключевые слова:** социально-экономические показатели, медико-демографические характеристики, население, регион.

**Для цитирования:** Ильина Л. А., Бакиров А. Б., Каримова Л. К., Мулдашева Н. А., Шаповал И. В., Бейгул Н.А. Взаимосвязь и динамика основных социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2024; 2:46-66.

**Для корреспонденции:** Ильина Луиза Асхатовна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека, e-mail: list@ufanet.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10204>

## THE DYNAMICS OF THE MAIN SOCIO-ECONOMIC LIFE INDICATORS AND MEDICAL-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE BASHKORTOSTAN POPULATION

Ilyina L.A., Bakirov A.B., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Shapoval I.V., Beigul N.A.

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

Socio-economic development is in many ways a key factor determining demographic processes in the country and its regions. A demographic problem caused by increased mortality rate between 2020 and 2021 due to the pandemic of the new coronavirus infection COVID-19, since 2022, in the context of increasing geopolitical instability and sanctions pressure has become the most acute for most Russian regions, including the Republic of Bashkortostan. The most direct impact on the dynamics of medical and demographic processes in the region was exerted by the general socio-economic situation, the state of sectors of the social sphere and the labor market, the level and quality of life of the population. In this regard, the study of the dynamics of the main social, economic indicators of life and medical and demographic characteristics of the Bashkortostan population, including individuals of working age, is an urgent task of social and hygienic monitoring.

**The purpose of the study:** During the study period between 2018 and 2022 the main socio-economic indicators of life and medical and demographic characteristics of the Bashkortostan population were in line with all-Russian and regional trends. The analysis

of socio-economic indicators of life and medical and demographic characteristics of the Bashkortostan population, the state of labor resources, morbidity, and mortality rates indicate the need to develop management decisions to improve the situation in the areas under consideration.

**Materials and research methods.** During the study, statistical reports from the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Bashkortostan (Bashkortostanstat), the Federal State Statistics Service (Rosstat), and the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Republic of Bashkortostan (Office of Rospotrebnadzor for the Republic of Bashkortostan), the Ministry of Family, Labor and Social Protection of the Bashkortostan Population (Bashkortostan Ministry of Labor) and the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation (Russian Ministry of Labor) were used. The analysis of socio-economic indicators and medical and demographic characteristics of the Bashkortostan population (RB) was carried out taking into account a new risk factor - the COVID-19 pandemic. In this regard, the dynamics of a number of indicators were considered both in general for the period under study (2018-2022), and in comparison with the values of these indicators in the pandemic years (2020-2021) with the pre-Covid years 2018 and 2019, as well as post-pandemic 2022. A number of indicators were compared with indicators for the Russian Federation (RF) as a whole. An analysis of the dynamics of selected indicators was carried out by calculating the growth/decrease rates of indicators. The study of changes in socio-economic indicators over time was carried out using methods for constructing and analyzing time series; analysis of individual indicators of the level and quality of life and the labor market was carried out using the method of chain substitutions. For calculations and graphical constructions, the MS EXCEL software package was used (Office 365 version: 2002 (16.0.12527.20278) / March 10, 2020).

**Results.** In recent years, the medical and demographic situation in Russia and its constituent entities has been under pressure from deep and large-scale negative manifestations of crises in the global and Russian economy, combined with the consequences of the new coronavirus infection COVID-19 pandemic, Western sanctions and the general geopolitical situation. The dynamics of medical and demographic processes in the Republic of Bashkortostan developed under the influence of the general socio-economic situation, the state of the labor market, the level and quality of life of the population, including epidemiological troubles. It has been established that between 2018 and 2022 real cash income and disposable income of the population (based on the previous year's indicators) decreased to 96.1% in 2022 compared to 2018 (98.4%). The ratio of average per capita cash income to the cost of living also worsened from 327.8% in 2018 to 291.2% in 2022. During the pandemic of the new coronavirus infection COVID-19, there was a decrease in life expectancy (LE) - in 2021 it was 69.49 years. At the end of 2022, life expectancy in Bashkiria increased to 73.01 years, adding 3.52 years, which was the result of the low base effect of 2021. The natural decline in the population of Bashkiria at the end of 2022 was 12.6 thousand people, which is 53.4% less than in 2021,

when the figure was a record – 27 thousand people. It was revealed that in 2022, Bashkiria recorded a 30-year record low unemployment rate according to the methodology of the International Labor Organization (ILO) - 2.8%, which is lower than the average for Russia as a whole (3.8%). At the same time, there was a shortage of labor resources in the leading economic sectors in the Republic of Bashkortostan. The trend towards a decrease in mortality from all causes of death, which had developed by the beginning of 2019, between 2020 and 2021. Under the influence of the new coronavirus infection pandemic, COVID-19 has acquired a sharply negative character. In 2022, mortality in the republic decreased by 26.4%, which is also due to the low base effect. In 2022, the main causes of death for the Bashkortostan population were: diseases of the circulatory system - 34.8%, neoplasms - 12.9%, death from unknown causes - 10.0%. The intensive mortality rate of the working age population in the republic in 2022 almost reached pre-pandemic values - 505.5 people per 100 thousand populations and amounted to 98.8% compared to 2019.

**Conclusion.** During the study period from 2018 to 2022. the main socio-economic indicators of life and medical and demographic characteristics of the population of the Republic of Bashkortostan were in line with all-Russian and regional trends. The analysis of socio-economic indicators of life and medical and demographic characteristics of the Bashkortostan population, the state of labor resources, morbidity, and mortality rates indicate the need to develop management decisions to improve the situation in the areas under consideration.

**Keywords:** socio-economic indicators, medical and demographic characteristics, population, region.

**Citation:** Ilyina L.A., Bakirov A.B., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Shapoval I.V., Beigul N.A. The dynamics of the main socio-economic life indicators and medical-demographic characteristics of the Bashkortostan population. Occupational Health and Human Ecology. 2024;46-66.

**Correspondence:** Luiza A. Ilyina – Cand. Sc. (Economics), Senior Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: list@ufanet.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10204>

**Цель исследования:** анализ динамики социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан, в том числе трудоспособного возраста, за 2018-2022 гг.

**Материалы и методы исследования.** В ходе исследования для решения поставленных задач были использованы статистические отчеты Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по

Республике Башкортостан (Башкортостанстат), Федеральной службы государственной статистики (Росстат), Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан (Управление Роспотребнадзора по РБ), Министерства семьи, труда и социальной защиты населения Республики Башкортостан (Минтруд РБ) и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруд России).

Анализ социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан проводился с учетом нового рискогенного фактора – пандемии COVID-19. В связи с этим динамика ряда показателей рассматривалась как в целом за исследуемый период (2018-2022 гг.), так и в сравнении со значениями этих показателей в пандемийные (2020-2021 гг.) и доковидные 2018 и 2019 гг., а также постпандемийный 2022 г. Отдельные показатели сравнивали с показателями в целом по РФ. Анализ динамики выбранных показателей был проведен путем расчета темпов роста/снижения индикаторов. Изучение изменений социально-экономических показателей во времени проводилось с использованием методов построения и анализа динамических рядов; анализ отдельных показателей уровня и качества жизни, рынка труда проводился методом цепных подстановок. При расчетах и графических построениях применялся программный пакет «MS EXCEL» (версия Office 365: 2002 (16.0.12527.20278)/10 марта 2020).

**Результаты и обсуждение.** Демографическую и социально-экономическую ситуацию в России и ее регионах в настоящее время, как правило, исследуют в рамках временных отрезков, рубежом которых стала объявленная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в марте 2020 года пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, оказавшая разрушительное воздействие на популяционные процессы и хозяйственную жизнь как нашей страны, так и всего мирового сообщества [1-6].

Актуальны работы, посвященные изучению состояния здоровья населения, динамики и структуры заболеваемости и смертности трудоспособного населения, в том числе в условиях воздействия нового рискогенного фактора COVID-19 как в России, так и в разрезе отдельных регионов с учетом их социально-экономической дифференциации [7-12].

В ряде исследований акцентируется внимание на влиянии социально-экономической составляющей, в том числе уровня жизни, доходов, оплаты труда, положения на рынке труда и в сфере занятости на общее благосостояние

и здоровье граждан. По мнению большинства авторов, именно социально-экономические факторы на сегодняшний день являются детерминирующими в формировании популяционного здоровья и продолжительности жизни населения, на долю которых приходится около 50% общей совокупности факторов риска здоровью [13-18].

Значительный вклад в изучение медико-демографических кризисов внес известный гигиенист, академик Б.Т. Величковский, доказательно установивший зависимость между бедностью, воспроизводством и здоровьем населения, и показавший, что высокий уровень смертности в России среди людей трудоспособного возраста в ходе реформ 90-х годов был вызван особым видом стресса – «социальным стрессом», причина возникновения которого заключается в «утрате населением эффективной трудовой мотивации, основанной на невозможности честным трудом обеспечить достойное существование себе и семье». Этот тезис нашел подтверждение в работах и других ученых, занимающихся указанной проблематикой [19-21].

Труды ряда исследователей посвящены проблемам естественного движения населения, воспроизводства человеческого потенциала и популяционного здоровья в Республике Башкортостан [22-26].

Непосредственное влияние на динамику демографических процессов в регионе оказывает общее социально-экономическое положение, состояние отраслей социальной сферы и рынка труда, уровень и качество жизни населения. Индикаторами уровня жизни населения, как правило, служат показатели, используемые российской статистикой: реальные и располагаемые денежные доходы, величина прожиточного минимума (ПМ), численность населения с денежными доходами ниже ПМ, соотношение с величиной ПМ среднедушевых денежных доходов и среднемесячной номинальной начисленной заработной платы, коэффициент дифференциации доходов (коэффициент фондов) и др.

Ряд индикаторов не только уровня, но и качества жизни характеризуют обеспеченность жильем, доступность услуг и объектов здравоохранения, образования, культуры, спорта, трудовую занятость, уровень бедности. Отдельные показатели, характеризующие уровень жизни населения Республики Башкортостан в 2018-2022 гг., приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Отдельные показатели уровня жизни населения Республики Башкортостан за 2018-2022 гг.

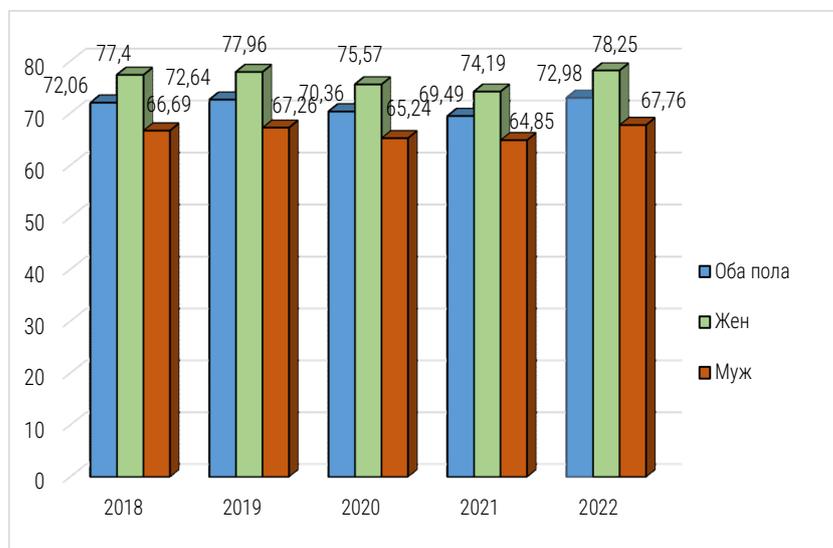
**Table 1.** Selected indicators of the standard of living of the Bashkortostan population between 2018 and 2022

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022
Среднедушевые денежные доходы, руб. в месяц	28971,6	30602,5	30409,0	32524,1	35250,6
Реальные располагаемые денежные доходы, в % к предыдущему году	98,4	100,2	94,9	99,6	96,1
Номинальная начисленная заработная плата работников организаций, руб. в месяц	33752,8	36464,6	38738,1	42848,2	49459,7
Реальная начисленная заработная плата, в % к предыдущему году	108,7	103,3	102,5	103,7	100,8
Средний размер назначенных пенсий, рублей в месяц	13584,8	14418,7	15255,8	16399,0	18861,8
Реальный размер пенсий, в % к предыдущему году	101,3	103,7	100,5	98,3	103,8
Величина прожиточного минимума (в среднем на душу населения), рублей в месяц	8838	9517	9800	10015	12110
Соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума, %	327,8	321,6	310,3	324,8	291,2

Несмотря на то, что в течение 2018-2022 гг. наблюдалась положительная динамика среднедушевых денежных доходов и номинальной начисленной заработной платы работников предприятий и организаций РБ, реальные денежные доходы и располагаемые доходы населения (в расчете к показателям предыдущего года) снизились до 96,1% в 2022 году по сравнению с 2018 годом (98,4%). Величина реальной начисленной заработной платы в 2022 году упала до

100,8% по сравнению с 2018 годом (108,7%), снизившись почти на 9%. Следует отметить, что среднемесячная начисленная зарплата в 2022 году составляла 48,3 тыс. рублей, что на 15,7% больше, чем в предыдущем, однако рост реальной зарплаты составлял всего 1%. Соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума также ухудшилось с 327,8 % в 2018 году до 291,2% в 2022 году. Доля населения в РБ за чертой бедности в 2022 году составила 11,4%, снизившись по сравнению с 2018 годом на 0,7%. Ухудшение ситуации произошло в основном по относительным показателям денежных доходов населения, соотнесенных со стоимостью фиксированного (социального) набора потребительских товаров и услуг.

Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ), наряду с показателем общей смертности, наиболее зависима от социально-экономических факторов. В период пандемии показатель ОПЖ потерял по сравнению с предыдущим 2019 годом: в 2020 г. -2,28 лет, в 2021 г. -0,87 лет. В анализируемом периоде наблюдалось снижение ОПЖ как среди мужского, так и женского населения. По итогам 2022 года, ожидаемая продолжительность жизни в Башкирии увеличилась до 73,01 года (мужчины – 67,76 лет; женщины – 78,25 лет) с 69,49 года в 2021 году, прибавив 3,52 года (в РФ – рост на 2,5 года) (рис. 1).



**Рис. 1.** Динамика ожидаемой продолжительности жизни в Республике Башкортостан, лет (на начало года)

**Figure 1.** Dynamics of life expectancy in the Republic of Bashkortostan (at the beginning of the year)

Рынок труда отражает тенденции и закономерности социально-экономического развития территории. Анализ ситуации на рынке труда выявил, что по итогам 2022 года в Башкирии был зафиксирован рекордно низкий за 30 лет наблюдений уровень безработицы по методологии Международной организации труда (МОТ) – 2,8%, что ниже среднего значения по ПФО (3,1%) и в целом по России (3,8%). В течение 2022 года численность зарегистрированных безработных граждан снизилась с 22 до 15,5 тыс. человек (на 30%), уровень регистрируемой безработицы – с 1,17% до 0,81%. Средний возраст безработного равнялся 37,8 года. На возрастную группу безработных 30-49 лет приходилось 51,7% незанятых трудовой деятельностью (в возрасте до 30 лет – 27,9%; в возрасте 50 лет и старше – 20,5%).

Рабочая сила является важнейшим элементом производительных сил общества. В 2022 г. численность рабочей силы составляла 1917,8 тыс. человек, в числе которых 1852,7 тыс. человек квалифицировались как занятые (мужчин – 983,3 тыс. человек; женщин – 869,4 тыс. человек) и 65,1 тыс. человек как безработные с применением критериев МОТ. Экономическая активность населения Республики Башкортостан в 2022 году характеризовалась некоторым улучшением показателей. Численность рабочей силы (экономически активного населения) в 2022 году составляла 1917,8 тыс. человек, или 100,3%, к показателю 2021 года. Региональный анализ рынка труда республики показал, что уровень занятости населения в возрасте 15 лет и старше в 2022 г. составлял 57,2% (в 2021 г. – 56,2%), в том числе мужчины – 66,3%; женщины – 49,6%. Средний возраст занятого – 41 год. На возрастную группу работников 30-49 лет приходилось 55,1% занятых (в возрасте до 30 лет – 17,8%; в возрасте 50 лет и старше – 27,1%).

Изучение численности, состава и динамики населения позволили оценить социально-экономическое положение региона и выявить тенденции дальнейшего развития. На 1 января 2023 года численность населения республики составляла 4080,68 тыс. человек, миграционный прирост за 2022 год - 14,5 тыс. человек.

Исследование динамики численности населения показало, что в 2022 г. естественная убыль населения Республики Башкортостан составляла 12,6 тыс. человек (в 2019 – 7,16 тыс. человек; 2020 – 18,66 тыс. человек; 2021 – 26,6 тыс. человек). При этом миграционный прирост также снизился с 15 тыс. человек в 2021 г. до 14,5 тыс. человек в 2022 году. Естественная убыль в Башкирии в 2022 сократилась по сравнению с 2021 г. на 53,4%, а в сравнении с допандемийным 2019 годом – выросла на 72%.

Динамика относительных показателей естественного движения населения в РБ за 2018-2022 гг. отражает глубину демографического неблагополучия в регионе (табл. 2).

**Таблица 2.** Динамика относительных показателей естественного движения населения в Республике Башкортостан за 2018-2022 гг.

**Table 2.** Dynamics of relative indicators of natural movement of the Bashkortostan population between 2018 and 2022

Годы	Коэффициент рождаемости (на 1000 населения)	Коэффициент смертности (на 1000 населения)	Естественный прирост (+), убыль (-) населения (тыс. человек)	Коэффициент естественного прироста (+), убыли (-) на 1000 населения
2018	11,6	12,4	-3,4	-0,8
2019	10,3	12,1	-7,3	-1,8
2020	10,2	15,0	-19,2	-4,8
2021	9,8	16,5	-26,7	-6,7
2022	9,1	12,2	-12,6	-3,1

Наиболее заметен отрыв Башкортостана по удельному весу населения моложе трудоспособного возраста – 20,4% против 18,8% в России. Увеличение численности лиц моложе трудоспособного возраста в республике не наблюдалось с 2019 года и за 2019-2022 гг. снижение этого показателя составляло 12,3 тыс. человек (на 1,5 %). Население РБ остается моложе (все население – 39,44 года; муж. – 36,98; жен. – 41,62), чем в среднем по РФ (все население – 40,48 года; муж. – 37,73; жен. – 42,86) (табл. 3).

**Таблица 3.** Распределение населения Российской Федерации и Республики Башкортостан по возрастным группам, на 1 января 2022 г.

**Table 3.** Distribution of the Russian and Bashkortostan population by age group, as of January 1, 2022

	Удельный вес возрастных категорий во всем населении, %			Демографическая нагрузка, на 1000 человек в трудоспособном возрасте		
	моложе трудоспособного	в трудоспособном	старше трудоспособного	всего	моложе трудоспособного	старше трудоспособного
Российская Федерация	18,8	57,2	24,0	749	328	421
Республика Башкортостан	20,4	56,6	23,0	767	361	406
В т.ч.:						
городская местность	20,4	58,1	21,5	721	352	369
сельская местность	20,3	54,0	25,7	853	377	476

В республике, как и в целом по России, более молодым по показателям среднего возраста являлось городское население (38,54 лет; РФ – 40,40 года). Анализ возрастной структуры населения РБ показал, что на начало 2023 года доля лиц старше 65 лет снизилась по сравнению с началом 2022 года до 23,8 % (в 2022 – 24,2%). В России показатель вырос до 27,4 %. Специальная военная операция на Украине и связанный с ней релокационный и мобилизационный отток молодого мужского населения, социально-экономическая нестабильность отразились на репродуктивном поведении и планах населения республики, что усилило негативные тенденции в демографической ситуации в свете последних геополитических событий.

В 2021 году суммарный коэффициент рождаемости (СКР) в республике (1,494) впервые упал ниже среднероссийского уровня (1,505). В 2022 г. он составил уже 1,481 и сократился на 7,9%, что говорит о неблагоприятной демографической

ситуации в регионе. При этом вследствие низкой рождаемости в 90-е годы, в Республике Башкортостан стало меньше людей репродуктивного возраста, в том числе за анализируемый период женщин детородного возраста стало меньше на 58 тыс. человек.

В допандемийные 2016-2019 гг. смертность в Башкирии хоть и медленно, но сокращалась – с 54 тыс. до 49,1 тыс. человек в год. При этом показатель рождаемости за последние пять лет снизился почти в 1,5 раза. Указанные тенденции в определенной степени замедляли депопуляционные процессы в регионе. За два пандемийных года (2020-2021 гг.) показатели смертности поднялись до уровня, который наблюдался в стране десятилетие, а то и несколько назад. Если в 2021 г. численность умерших в 1,6 раза превысила число родившихся (убыль составила -27,033 тыс. человек), то в 2022 г. смертность в республике сократилась на 26,4% (табл. 4).

**Таблица 4.** Динамика и темп роста общих коэффициентов смертности по Российской Федерации, Республике Башкортостан, 2018-2022гг.

**Table 4.** Dynamics and growth rate of overall mortality rates in the Russian Federation, the Republic of Bashkortostan between 2018 and 2022

	Общий коэффициент смертности, на 1000 населения					Темп роста к предыдущему году, %				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Российская Федерация	12,5	12,3	14,6	16,7	13,1	100,8	98,4	118,7	114,2	78,4
Республика Башкортостан	12,4	12,1	15,0	16,5	12,2	100,0	97,6	124,0	109,8	74,0

В условиях пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 на демографические процессы в Республике Башкортостан, как и во всей России, большое влияние оказывала избыточная смертность населения. Наибольшие значения показателя избыточной смертности отмечались в регионе в 2020-2021 гг. и составили за два года 26909 человек. Рост смертности и избыточной смертности носили сезонный характер. Максимальные значения в 2020 году наблюдались в октябре – 1838 человек, ноябре – 2387 человек, декабре – 2118

человек; в 2021 году в сентябре – 2790 человек, октябре – 4529 человек, ноябре – 2584 человека. В 2022 г. избыточная смертность наблюдалась в феврале, марте и декабре (всего 1273 человек) и не оказала существенного влияния на демографические процессы в регионе.

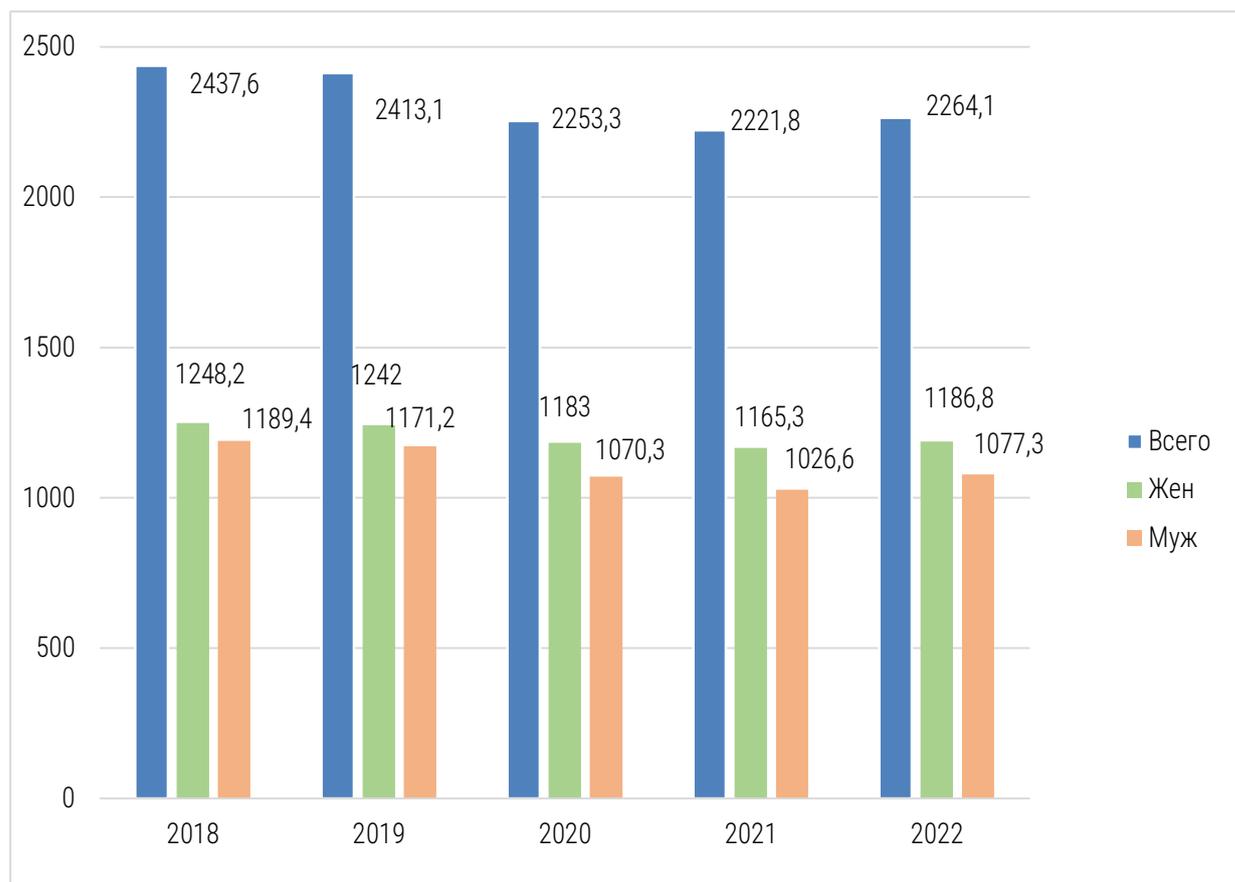
От состояния демографического потенциала зависят трудовые ресурсы, необходимые для обеспечения восстановительного роста экономики. В состав трудовых ресурсов включают трудоспособное население в трудоспособном возрасте и работающих лиц, находящихся за пределами трудоспособного возраста, которые по состоянию здоровья (в соответствии с трудовым законодательством) могут заниматься трудовой деятельностью.

Переломным для Башкортостана стал 2022 год, когда впервые за последние годы численность трудоспособного населения республики показала рост на 1,9% (+42,37 тыс. человек) по сравнению с началом 2021 года и составила 2264,084 тыс. человек. Это прежде всего связано со снижением доли населения старше трудоспособного возраста с 24,2% в 2021 г. до 23,8% в 2022 г. в рамках естественного движения населения и увеличения возрастных пенсионных границ. При этом, по данным прогноза баланса трудовых ресурсов, подготовленного Минтрудом РБ, к 2030 г. в регионе численность работников 30-39 лет снизится почти на треть. Динамика численности населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан за 2018-2022 гг. приведена на рисунке 2.

По результатам анализа сферы занятости установлено, что в Республике Башкортостан в 2022 г. при низком показателе уровня безработицы – 3,4% (Российская Федерация – 3,8% и ПФО – 3,3%) и уменьшении числа безработных с 83 до 65 тыс. человек рос спрос на кадры.

В соответствии с прогнозом потребностей рынка труда потребность в квалифицированных специалистах и рабочих кадрах в Республике Башкортостан в среднесрочной перспективе на 2023-2025 годы составит 173,8 тыс. человек, в том числе: в 2023 году – 56,7 тыс. человек, в 2024 году – 58,0 тыс. человек, в 2025 году – 59,1 тыс. человек.

Базой для удовлетворения кадровых потребностей региона является население трудоспособного возраста, характеризующееся не только количественными, но и качественными параметрами, важнейшими из которых являются показатели состояния здоровья.



**Рис. 2.** Динамика численности населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан за 2018-2022 гг., тыс. человек

**Figure 2.** Dynamics of the working age population in the Republic of Bashkortostan between 2018 and 2022, thousand people

В 2022 году основными причинами смерти населения РБ являлись: болезни системы кровообращения – 34,8%, новообразования – 12,9%, смерть по неустановленным причинам – 10,0%, болезни нервной системы, внешние причины – по 7,0%, болезни органов дыхания – 6,9%. В сравнении с 2021 годом в структуре причин смертности уменьшился удельный вес умерших от коронавирусной инфекции с 9,1% до 3,1%.

Интенсивный показатель смертности населения трудоспособного возраста в республике в 2022 году практически достиг допандемийных значений – 505,5 человек на 100 тыс. населения и составил 98,8% по отношению 2019 году.

Анализ показал, что в Республике Башкортостан среди основных причин смерти населения в 2022 году резко вырос показатель смертности по неустановленным причинам – 119,3 на 100 тыс. населения (в 2021 г. – 29 на 100 тыс.), увеличившись в 4,1 раза (4052 человека).

По итогам 2022 году, общая заболеваемость среди взрослого населения Республики Башкортостан в сравнении с 2021 годом выросла на 4,34% и составила 211422,3 на 100 тыс. населения соответствующей возрастной группы, что выше российских показателей. В структуре общей заболеваемости взрослого населения республики в 2022 г. на заболевания системы кровообращения приходилось 20,4%; новообразования – 4,1%, болезни органов дыхания – 9,1%; органов пищеварения – 6,2%.

В условиях расширения границ пенсионного возраста показатель общей заболеваемости взрослого населения все в большей степени отражает состояние здоровья трудоспособного населения, особенно его мужской части.

**Заключение.** Полученные авторами данные о динамике социально-экономических показателей жизни и медико-демографических характеристик населения Республики Башкортостан за 2018-2022 гг. оказались вполне предсказуемыми и отразили различные периоды социально-экономического положения и эпидемиологического благополучия территории. В регионе сохраняется многолетняя тенденция как депопуляции, так и снижения популяционного здоровья населения, в том числе трудоспособного. Основными драйверами указанных процессов являются нарастающая естественная убыль и снижение уровня жизни населения, последствия пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, усиление геополитической нестабильности и санкционного давления. Улучшение ряда показателей в 2022 году вызвано преимущественно низкой базой для сравнения в 2020-2021 гг.

Основными направлениями и приоритетами региональной социально-экономической, демографической политики для достижения ключевых показателей национальных проектов и профильных программ являются следующие:

- увеличение продолжительности жизни и снижение смертности населения региона, в том числе работающего;
- повышение уровня благосостояния населения и рост доходов работников, занятых в различных отраслях экономики республики;
- обеспечение доступности и качества гарантированной медицинской помощи населению территорий по обращаемости, в рамках диспансеризации и профилактических осмотров;
- проведение учреждениями здравоохранения лечебно-профилактических мероприятий на основании выявленных факторов риска нарушения здоровья трудоспособного населения;

- формирование у населения республики приверженности к здоровому образу жизни за счет внедрения здоровье- и жизнесберегающего поведения в быту и в сфере трудовой деятельности;
- реализация программ «Здоровый муниципалитет», корпоративных программ и обеспечение их скоординированности в рамках полномочий органов местного самоуправления и социальной ответственности бизнеса на территории его присутствия.

Для реализации указанных приоритетных направлений в условиях дефицитного рынка труда и возрастающих кадровых потребностей экономики Республики Башкортостан требуется разработка комплексной региональной программы по сохранению здоровья работающего населения.

### Список литературы:

1. Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д. и др. Состояние общественного здоровья в субъектах Российской Федерации в период масштабного эпидемиологического вызова на примере пандемии COVID-19. *Здоровье населения и среда обитания*. 2023; 31(3): 7-16. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-7-16>
2. Вишневский А.Г. Демографический кризис в России. *Russie. Nei. Visions*. Доступно по: [https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri\\_rnv41-demographia\\_vichnevski\\_rus\\_june\\_09.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri_rnv41-demographia_vichnevski_rus_june_09.pdf)
3. Драпкина О.М., Самородская И.В., Какорина Е.П., Семенов В.Ю. COVID-19 и региональная смертность в Российской Федерации. *Профилактическая медицина*. 2021; 24(7): 14–21. <https://doi.org/10.17116/profmed20212407114>
4. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Глухих М.В. Пространственно-динамическая неоднородность течения эпидемического процесса COVID-19 в субъектах Российской Федерации (2020-2023 гг.). *Анализ риска здоровью*. 2023; 2: 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01
5. Злотников А.Г. Смертность в Беларуси в период пандемии COVID-19. *ДЕМИС. Демографические исследования. DEMIS. Demographic Research*. 2021; 2.
6. Кувшинников О.А., Рыбальченко С.И., Шестакова Т.Е. Укрепление общественного здоровья – приоритет государственной региональной политики. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2023; 16(5): 32–48. DOI: 10.15838/esc.2023.5.89.2
7. Бухтияров И.В., Тихонова Г.И., Бетц К.В., Брылева М.С., Горчакова Т.Ю., Чуранова А.Н. Заболеваемость, инвалидность и смертность населения трудоспособного возраста в России. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62(12): 791-6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-12-791-796>
8. Горошко Н.В., Пацала С.В., Емельянова Е.К. Смертность трудоспособного населения России в условиях пандемии COVID-19. *Социальные аспекты здоровья населения* [сетевое издание]. 2022; 68(5): 1. Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1411/30/lang,ru/>. DOI:10.21045/2071-5021-2022-68-5-1

9. Дружинин П.В., Молчанова Е.В. Смертность населения российских регионов в условиях пандемии COVID-19. *Регионоведение*. 2021; 29(3): 666–85. doi: 10.15507/2413-1407.116.029.202103.666-685
10. Зайцева Н.В., 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. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.02
11. Ибрагимова А.А., Ильдарханова Ч.И. Естественное воспроизводство российского населения в период пандемии коронавирусной инфекции: риски и последствия (на примере Республики Татарстан). *Регионоведение*. 2021; 3(116).
12. Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Шагин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., и др. Заболеваемость населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан в 2015-2020 годах. *Медицина труда и экология человека*. 2022; 2: 141-65.
13. Балашова С.А., Захарчук А.Р., Сидоренко М.В. Оценка взаимосвязи уровня социально-экономического развития с уровнем смертности в регионах РФ. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика*. 2020; 28(1): 83–97. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2020-28-1-83-97>
14. Зотиков Н. З., Данилова А. А. Показатели социально-экономического развития и качества жизни населения в регионах: их взаимосвязь. *Вестник Прикамского социального института*. 2023; 1(94): 101–112.
15. Кабашова, Е. В. Уровень жизни населения и демографическое развитие региона. *Вестник евразийской науки*. 2021; 13(6). URL: <https://esj.today/PDF/12ECVN621.pdf> DOI: 10.15862/12ECVN621
16. Карцева М. А., Кузнецова П. О. Здоровье, доходы, возраст: эмпирический анализ неравенства в здоровье населения России. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2023; 2: 160-85. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2023.2.2355>.
17. Маликов Н.С., Маликов И.Ф. Взаимосвязь качества населения и качества его жизни (часть I). *Уровень жизни населения регионов России*. 2023; 19(2): 294–302. [https://doi.org/10.52180/1999-9836\\_2023\\_19\\_2\\_12\\_294\\_302](https://doi.org/10.52180/1999-9836_2023_19_2_12_294_302)
18. Молчанова Е.В. Оценка влияния социально-экономического развития на региональные демографические процессы. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2019; 4-2: 252-8; URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=437> (дата обращения: 11.01.2024).
19. Василенко Е.А. Социальный стресс и его влияние на социально-психологическую адаптацию личности: монография. Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. Челябинск: Южно-Уральский научный центр Российской академии образования, 2019; 272.
20. Величковский Б.Т. Жизнеспособность нации. Роль социального стресса и генетических процессов в популяции в развитии демографического кризиса и изменении состояния здоровья населения России. М.: Изд-во РАМН. 2009; 175.
21. Дерстуганова Т.М., Величковский Б.Т., Гурвич В.Б., Вараксин А.Н., Малых О.Л., Кочнева Н.И., и др. Оценка влияния социально-экономических факторов на здоровье населения и использование ее результатов при принятии управленческих решений по обеспечению

- санитарно-эпидемиологического благополучия населения (на примере Свердловской области). *Анализ риска здоровью*. 2013; (2): 49-55.
22. Аскарлов Р.А., Аскарлова З. Ф., Бакиров Б.А., Франц М.В., Утяшева И.Б. Динамика медико-демографической ситуации в Республике Башкортостан в период 1990-2019 гг. *Медицина труда и экология человека*. 2021; 1: 23-34.
  23. Ахметова, Г. Ф. Современное демографическое развитие Республики Башкортостан: обзор регионального демографического доклада. ДЕМИС. *Демографические исследования*. 2023; 3(3): 259-64. DOI 10.19181/demis.2023.3.3.18. EDN EGMTIQ.
  24. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Ахметшина В.Т. COVID-19 как причина изменения структуры профессиональной патологии в Республике Башкортостан. *Санитарный врач*. 2021; 5.
  25. Исмагилов Р.Р., Билалов Ф.С., Шарафутдинов М.А., Гильманов А.Ж., Еникеева Д.Р., Сквирская Г.П. Анализ медико-социальных аспектов новой коронавирусной инфекции в Республике Башкортостан за 2020-2021 гг. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2022; 68(4): 3. Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1393/30/lang,ru/>. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2022-68-4-3>
  26. Республика Башкортостан. Демографический доклад. Выпуск 5: научное издание. В кн.: Савичев В.Л., Ахметова Г.Ф., Валиахметов Р.М., Скрябина Я.А., Комлева Р.Н., Утяшева И.Б., редакторы. Уфа: РИЦ УУНиТ. 2023; 304.

## References:

1. Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Zudin A.B., Vasyunina A.E., Vasiliev M.D., (et al.). The State of Public Health in Constituent Entities of the Russian Federation in Times of a Large-Scale Epidemiological Challenge: The Example of the COVID-19 Pandemic. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2023; 31(3): 7-16. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-7-16>
2. Vishnevskiy A.G. Demographic crisis in Russia. *Russie. Nei. Visions*. Available at: [https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri\\_rnv41-demographia\\_vichnevski\\_rus\\_june\\_09.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri_rnv41-demographia_vichnevski_rus_june_09.pdf) (accessed: 15.12.2022).
3. Drapkina OM, Samorodskaya IV, Kakorina EP, Semenov VYu. COVID-19 and regional mortality in the Russian Federation. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021; 24(7): 14-21. <https://doi.org/10.17116/profmed20212407114>.
4. Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Glukhikh M.V. Spatial-dynamic heterogeneity of the COVID-19 epidemic process in the Russian Federation regions (2020–2023). *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; 2: 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.01.eng
5. Zlotnikov A.G. Mortality in Belarus during the COVID-19 pandemic. *DEMIS. Demographic Research*. 2021; 2. (In Russ).
6. Kuvshinnikov O.A., Rybalchenko S.I., Shestakova T.E. Public health promotion as a priority for regional governmental policy. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*. 2023; 16(5): 32–48. DOI: 10.15838/esc.2023.5.89.2 DOI: 10.15838/esc.2023.5.89.2
7. Bukhtiyarov I.V., Tikhonova G.I., Betts K.V., Bryleva M.S., Gorchakova T.Yu., Churanova A.N. Morbidity, disability and mortality of the working-age population in Russia. *Meditsina truda i*

- promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(12): 791-6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-12-791-796>
8. Goroshko N.V., Patsala S.V., Emelyanova E.K. Mortality of the working population in Russia under the conditions of the COVID-19 pandemic. *Social'nye aspekty zdorov'a naselenia* [serial online]; 2022; 68(5): 1. Available from: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1411/30/lang,ru/>. DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-5-1 (In Russ).
  9. Druzhinin P.V., Molchanova E.V. Mortality rates in Russian regions in the context of the COVID-19 pandemic. *Regionologiya*. 2021; 29(3): 666–85. doi: 10.15507/2413-1407.116.029.202103.666-685
  10. Zaitseva N.V. Social and economic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. / N.V. Zaitseva et al. // *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; 4: 14–29. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.02.
  11. Ibragimova A.A., Ildarkhanova Ch.I. Natural reproduction of the Russian population during the pandemic of coronavirus infection: risks and consequences (on the example of the Republic of Tatarstan). *Regionologiya*. 2021; 3(116).
  12. Shaikhislamova E.R., Valeyeva E.T., Shastin A.S., Malykh O.L., Gazimova V.G., Tsepilova T.M., et al. Morbidity of the working-age population in the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2020. *Medsina truda i ekologiya cheloveka*. 2022; 2:141-65.
  13. Balashova, S.A., Zakharchuk, A.R., Sidorenko M.V. Estimates of the interrelation of the level of socio-economic development and the mortality rate in Russian regions. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekonomika*. 2020; 28(1): 83–97. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2020-28-1-83-97>
  14. Zotikov N. Z., Danilova A. A. Indicators of socio-economic development and quality of life of the population in the regions: their relationship. *Vestnik Priamorskogo sotsial'nogo instituta*. 2023; 1 (94): 101-12.
  15. Kabashova E.V. Standard of living of the population and demographic development of the region. *Vestnik evraziiskoi nauki*. 2021; 13(6): 12ECVN621. Available at: <https://esj.today/PDF/12ECVN621.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/12ECVN621
  16. Kartseva M. A., Kuznetsova P. O. Health, Income, Age: Empirical Analysis of Health Inequality in Russia. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny*. 2023; 2: 160-85. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2023.2.2355> (In Russ).
  17. Malikov N.S., Malikov I.F. Life as a Vital Activity: The Relationship between the Quality of the Population and the Quality of Its Life (Part I). *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii*. 2023; 19(2): 294–302. [https://doi.org/10.52180/1999-9836\\_2023\\_19\\_2\\_12\\_294\\_302](https://doi.org/10.52180/1999-9836_2023_19_2_12_294_302)
  18. Molchanova E.V. Assessment of the impact of social and economic development on regional demographic processes. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava*. 2019; 4-2: 252-8. URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=437> (access date: 02/11/2024).
  19. Vasilenko E.A. Social stress and its influence on socio-psychological adaptation of the individual: monograph. South Ural State Humanitarian and Pedagogical University. Chelyabinsk: South Ural Scientific Center of the Russian Academy of Education. 2019; 272.
  20. Velichkovsky B.T. The viability of the nation. The role of social stress and genetic processes in the population in the development of the demographic crisis and changes in the health of the Russian population. Moscow: Russian Academy of Medical Sciences. 2009; 175.

21. Derstuganova T.M., Velichkovskiy B.T., Gurvich V.B., Varaksin A.N., Malykh O.L., Kochneva N.I., et al. Assessing the impact of socioeconomic factors on population health and using the results in management decisions to ensure the sanitary and epidemiological welfare of the population (by an example of Sverdlovsk region). *Analiz riska zdorov'yu*. 2013; (2): 49-55.
22. Askarov R.A., Askarova Z. F., Bakirov B.A., Franz M.V., Utyasheva I.B. Dynamics of the medical and demographic situation in the Republic of Bashkortostan in the period 1990-2019. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2021; 1: 23-34
23. Akhmetova, Guldar F. Contemporary Demographic Development of the Republic of Bashkortostan: Review of the Regional Demographic Report. DEMIS. *Demograficheskie issledovaniya*. 2023; 3(3): 261-6. DOI 10.19181/demis.2023.3.3.18.
24. Valeeva E.T., Shaykhlislamova E.R., Bakirov A.B., Akhmetshina V.T. COVID-19 as a reason for changing the structure of occupational pathology in the Republic of Bashkortostan. *Sanitarnyy vrach*. 2021; 5.
25. Ismagilov R.R., Bilalov F.S., Sharafutdinov M.A., Gilmanov A.Zh., Enikeeva D.R., Skvirskaya G.P. Analysis of medical and social aspects of the new coronavirus infection in the Republic of Bashkortostan for 2020-2021. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*. 2022; 68(4): 3. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1393/30/lang,ru/>. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2022-68-4-3>
26. Republic of Bashkortostan. Demographic report. Issue 5: scientific publication / ed. V. L. Savicheva, G. F. Akhmetova, R. M. Valiakhmetov, Ya. A. Scryabina, R. N. Komleva, I. B. Utyasheva. – Ufa: RIC UUNiT. 2023; 304.

Поступила/Received: 13.02.2024

Принята в печать/Accepted: 02.04.2024

УДК 613.62; 613.6.027.

## ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Яцына И.В., Шумихин А.Э., Астахова И.В.

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Мытищи, Россия

Важнейшей задачей здравоохранения является сохранение здоровья работающего населения. В последние годы недостаточно внимания уделялось здоровью работников, занимающихся производственным растениеводством и животноводством. Не проводились достаточные исследования, чтобы выявить связь между санитарно-гигиеническими и физиологическими факторами в различных условиях труда и общей заболеваемостью. Особенно недостаточно изучены вопросы заболеваний кожи и их связи с воздействием вредных веществ, таких как пестициды. Несмотря на явный технический прогресс, данные вопросы остаются актуальными и на настоящий момент. Работа представляет обзор литературы с целью кумуляции информации о болезнях кожи среди трудящихся в сельском хозяйстве. В статье представлены наиболее распространенные в профессиональной среде кожные заболевания, особенности их клинических проявлений, сложности дифференциальной диагностики. Рассмотрены разнообразные этиологические факторы, участвующие в развитии профессиональных и профессионально обусловленных болезней кожи. Для лучшего понимания дерматологической патологии представлены наиболее значимые этапы механизмов развития профессиональных дерматитов.

**Цель исследования** – анализ и обобщение этиологических факторов и механизмов развития наиболее распространенных болезней кожи у работников сельского хозяйства, представление научному сообществу данной актуальной проблемы медицины труда как начальный этап для модификации и совершенствования методов профилактики профессиональной дерматологической патологии.

**Материалы и методы.** Для изучения основных профессиональных болезней кожи и причин их развития нами применен метод аналитического обзора и анализа полученных данных. При создании данной обзорной статьи использованы как основополагающие работы ведущих специалистов в области дерматологии и гигиены труда, так и научные публикации российских и зарубежных исследователей за последние 5 лет.

**Ключевые слова:** этиология профессиональных болезней кожи, производственные факторы риска, агропромышленный комплекс.

**Для цитирования:** Яцына И.В., Шумихин А.Э., Астахова И.В. Этиологические факторы и патогенетические особенности дерматологической патологии у работников агропромышленного комплекса. Медицина труда и экология человека. 2024;2:67-83.

**Для корреспонденции:** Шумихин Артур Эдуардович, ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, врач-дерматовенеролог, e-mail: arturka43@yandex.ru.

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

**Конфликт интересов:** авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10205>

## ETIOLOGICAL FACTORS AND PATHOGENETIC FEATURES OF DERMATOLOGICAL PATHOLOGY AMONG AGRO-INDUSTRIAL WORKERS

Yatsyna I.V., Shumikhin A.E., Astakhova I.V.

The Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Russia

The most important task of healthcare is health maintenance of the working population. In recent years, insufficient attention has been paid to the health of crop and livestock production workers. There have not been sufficient studies to identify the relationship between health and physiological factors in various working conditions and overall morbidity. The issues of skin diseases and their connection with exposure to hazardous substances such as pesticides are especially poorly studied. Despite obvious technological progress, these issues remain relevant today. This work presents a literature review with the aim of cumulating information about skin diseases among agricultural workers. The article presents the most common skin diseases in the work environment, features of their clinical manifestations, and the difficulties of differential diagnosis. Various etiological factors involved in the development of occupational and work-related skin diseases are considered. For a better understanding of dermatological pathology, the most significant stages of the mechanisms of occupational dermatitis development are presented.

**The purpose of the study** is to analyze and generalize the etiological factors and mechanisms of development of the most common skin diseases among agricultural

workers, to present this topical problem of occupational health to the scientific community, as the initial stage for modifying and improving methods for the prevention of occupational dermatological pathology.

**Materials and methods.** To study the main occupational skin diseases and the reasons for their development, we used the method of analytical review and analysis of the data obtained. In creating this review article, we used both the fundamental works of leading experts in the field of dermatology and occupational hygiene, as well as scientific publications over the past 5 years by Russian and foreign researchers.

**Keywords:** etiology of occupational skin diseases, occupational risk factors, agro-industrial complex.

**Citation:** Yatsyna I.V., Shumikhin A.E., Astakhova I.V. Etiological factors and pathogenetic features of dermatological pathology among agro-industrial workers. Occupational health and human ecology. 2024; 2:67-83.

**Correspondence:** Artur E. Shumikhin, dermatovenerologist, the Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, e-mail: arturka43@yandex.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10205>

Одна из главных и основных проблем здравоохранения - охрана и укрепление здоровья работающего населения. Ведущее место в системе лечебно-профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работающих, занимает профилактика профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости. Учитывая только изолированное влияние отдельных производственных факторов на здоровье работников, невозможно оценить вклад их сочетанного действия. При проведении периодических медицинских осмотров работников агропромышленного комплекса имеет место незаинтересованность в активной выявляемости групп риска профессиональной и производственно обусловленной патологии, как со стороны работодателя, так и со стороны работника [1].

В последние годы мало уделялось внимания здоровью сотрудников агропромышленного комплекса, не проводились достаточные исследования состояния здоровья, не выявлялась связь между санитарно-гигиеническими, эпидемиологическими, физиологическими факторами условий труда, влияющими на организм работающих и их общую заболеваемость. В частности, не изучались темы, касающиеся отдельных систем организма, например, кожи [2].

Заболееваемость людей, работающих в сельском хозяйстве, обусловлена действием на их организм прежде всего факторов производственной среды: воздействие химических веществ, метеорологические условия, запыленность, шум, вибрация, воздействие ультрафиолета, физические перегрузки в результате выполнения значительного объема ручных работ, влияние пестицидов, агрохимикатов, смазочных масел и других веществ на кожные покровы работающих.

При проведении периодических медицинских осмотров часто не обращают внимания на заболевания кожи, особенно на начальных стадиях, так как кожная патология может развиваться постепенно. Повышенная сухость, трещины могут быть признаками не только начала заболевания, но и свидетельством нарушения кожного барьера и, как следствие, причиной повышенной резорбции вредных веществ и поступления их в организм работающего. Существенная опасность кожно-резорбтивного действия пестицидов доказана многими исследователями [3]. Именно поэтому состояние здоровья кожи работающих с пестицидами требует пристального внимания как гигиенистов, так и клиницистов.

Повышенное внимание к пестицидам обусловлено преднамеренным их внесением в окружающую среду, что способствует циркуляции потенциально токсичных веществ в различных средах (почва, вода, воздух, пищевые продукты) и попаданию в организм человека [4]. В этой связи для специалистов в области медицины труда важно раннее выявление разнообразных кожных заболеваний рабочих, причин их развития, разработка методов диагностики и способов профилактики.

Профессиональными дерматозами называют любые патологические состояния кожи, возникшие при воздействии факторов производственной среды. Значимость данной проблемы для общественного здравоохранения обусловлена широкой распространенностью, частой хронификацией, что может привести к экономическому ущербу. Профессиональные болезни кожи составляют приблизительно 7% от общего количества профессиональных заболеваний, вызванных в результате воздействия раздражающих факторов. В структуре профессиональных болезней кожи аллергические дерматозы составляют около 85%. Среди профессиональных аллергических заболеваний кожи на аллергический контактный дерматит приходится 45% [5]. При анализе исследований по заболеваемости работников сельского хозяйства с временной утратой трудоспособности (ВУТ) наблюдаются несколько различные данные, однако в

целом заболевания кожи занимают 3-4 позицию среди общей заболеваемости трудящихся в данной отрасли [6]

**Цель исследования** – анализ и обобщение этиологических факторов и механизмов развития наиболее распространенных болезней кожи у работников сельского хозяйства, представление научному сообществу данной актуальной проблемы медицины труда как начальный этап для модификации и совершенствования методов профилактики профессиональной дерматологической патологии.

**Материалы и методы.** Для изучения основных профессиональных болезней кожи и причин их развития нами применен метод аналитического обзора и анализа полученных данных. При создании данной обзорной статьи использованы как основополагающие работы ведущих специалистов в области дерматологии и гигиены труда, так и научные публикации российских и зарубежных исследователей за последние 5 лет.

### **Наиболее распространенные профессиональные болезни кожи**

В результате длительного контакта в процессе трудовой деятельности с такими химическими агентами, как различные органические растворители, охлаждающие эмульсии и другие обезжириватели, первые изменения кожи, как правило, проявляются в виде патологической сухости, шелушения и трещин без выраженных признаков воспаления на коже кистей. Данные проявления называют эпидермозом (эпидермитом), они редко приводят к потери трудоспособности и быстро регрессируют после прекращения контакта с раздражителем.<sup>6</sup>

Наиболее распространенными профессиональными заболеваниями кожи являются профессиональные дерматиты и экзема [7]. Профессиональный простой контактный дерматит развивается при контакте кожи с различными облигатными ирритантами. Острый контактный дерматит развивается при однократном контакте кожи с сильными раздражителями, к которым относят кислоты, щелочи, а также некоторые механические или физические факторы (термические, актинические и др.), при этом длительно повторяющийся контакт со слабыми ирритантами (химические раздражители в небольших концентрациях) инициирует развитие хронического (кумулятивного) контактного дерматита. Для профессионального аллергического контактного дерматита и экземы необходим контакт кожного покрова с факультативными раздражителями, к которым в результате длительного производственного контакта развивается сенсibilизация [8].

---

<sup>6</sup> Кожные и венерические болезни: учебник. Скрипкин Ю.К., Кубанова А.А., Акимов В.Г. - 2011. - 544 с.: ил.

Клинически контактный дерматит проявляется в виде эритемы, шелушения, трещин, буллезных и везикулезных элементов. Для простого контактного дерматита характерно проявление четко ограниченного кожного патологического процесса исключительно в области воздействия раздражителя, для аллергического дерматита характерно распространение процесса за пределы воздействия раздражителя. При хроническом контактном дерматите, в отличие от острого, отмечается менее яркая эритема с явлениями лихенификации, инфильтрации, шелушения, гиперпигментации, с эксфолиациями без полостных элементов [9]. Профессиональная экзема в острую фазу характеризуется яркостью, полиморфизмом и стадийностью клинических проявлений: эритематозная, папулезная, везикулезная, мокнущая, корковая стадии. Патогномоничными признаками экземы являются наличие точечных эрозий с мокнутием («серозных колодцев»), везикул, серозных корочек и эксфолиаций на отечной эритематозной коже, чередование пораженных участков кожи с непораженными («архипелаг островов»).

Отдельно стоит отметить фотоирритантный и фотоаллергический дерматиты, развитие которых обеспечено совместным воздействием раздражителей и солнечного излучения, клинические проявления которых сходны с проявлениями других контактных дерматитов, в данном случае в диагностике значимую роль имеет анамнез [10]. Многими исследователями доказана первостепенная роль ультрафиолетового облучения в этиологии рака кожи и меланомы, чему в большей степени подвержены трудящиеся на открытом воздухе [11, 12].

К менее распространенным заболеваниям кожи у работников агропромышленного комплекса можно отнести: крапивницу, многоформную экссудативную эритему, пепельный дерматоз (персистирующую дисхромическую эритему), варианты пойкилодермии (*parakeratosis vaiegata*), позднюю кожную порфирию, хлоракне, гипопигментацию, ониходистрофию, алопецию [10].

В число профессиональных заболеваний с поражением кожи также можно включить псевдосаркоптоз (*Sarcoptes scabiei canis*) и такие инфекции, как узелки доильщиц (вирус паравакцины), сибирская язва (*Bacillus anthracis*), туляремия (*Francisella tularensis*), иерсиниоз, псевдотуберкулез (*Yersinia enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*) и другие [13].

#### **Этиология дерматологических заболеваний работников сельского хозяйства**

Профессиональные заболевания кожи развиваются прежде всего при воздействии химических веществ, но также могут быть вызваны физическими и биологическими факторами. При формировании клинической картины дерматоза,

кроме характера раздражителя, важное значение имеют индивидуальные особенности организма: у части работников заболевание имеет кратковременное течение, у других развивается стойкий, рецидивирующий кожный патологический процесс [7]. Как следствие, в механизме развития профессиональных заболеваний кожи участвует комплекс эндогенных и экзогенных факторов [5, 14, 15, 16].

К эндогенным факторам относится:

- индивидуальная наследственная (генетическая) предрасположенность;
- возрастные особенности;
- первичная и вторичная (*status eczematicus*) гиперраздражительность кожи;
- условия труда;
- степень проницаемости кожи;
- нарушение адаптации (неспособность организма к выработке механизмов ослабления реакции на ирританты при их повторном или длительном воздействии);
- атопический статус (атопический дерматит, бронхиальная астма, аллергический ринофарингит);
- сопутствующая патология: микробная или грибковая сенсibilизации, фокальная инфекция;
- заболевания эндокринной системы;
- заболевания органов желудочно-кишечного тракта.

Выделяют следующие экзогенные факторы:

- работа в условиях воздействия веществ раздражающего и кожно-резорбтивного действия (длительность воздействия, физико-химические свойства веществ, наличие предшествующего раздражения или одновременное воздействие нескольких раздражителей, воздействие воздушным путем или прямой контакт);
- факторы рабочей и окружающей среды (температура, влажность);
- механические факторы (давление, трение, абразия, частая травматизация кожи);
- неправильное использование средств индивидуальной защиты.

При детальном изучении экзогенных факторов, влияющих на развитие профессиональных дерматозов в условиях сельскохозяйственной производственной среды, отмечается их разнообразие. Важно отметить, что условия труда работников сельского хозяйства являются наиболее неблагоприятными из всех отраслей. Как следствие, несмотря на значимость

данной отрасли, желающих трудиться в аграрной промышленности со временем становится все меньше [17].

Здоровье и производительность труда работника сельского хозяйства напрямую зависят как от характера трудового процесса, так и от условий окружающей производственной среды, определяющихся климатом, производственным шумом, токсическими газами и пылью, контактом с химическими веществами, опасностями, возникающими во время ухода за животными и работы с машинами и механизмами, биологическими опасностями и т.д.

Для понимания этиологии заболеваний кожи работников сельского хозяйства важнейшим аспектом является изучение условий труда. Как известно, основные работы трудящихся сельского хозяйства проводятся на открытой местности, в поле, с ранней весны до поздней осени и частично зимой. При изучении условий труда, как правило, выделяют 3 вида микроклиматических условий: нейтральный, нагревающий и охлаждающий микроклимат [18]. У сельскохозяйственных работников в условиях открытого грунта климатические условия могут меняться в течение как сезона, так и дня. Микроклиматические условия у работников защищенного грунта определяются агрономическими требованиями. Интенсивность и характер воздействующих метеорологических факторов зависит от климатической зоны, времени года и погодных условий.

Несмотря на быстрый темп развития информационных технологий в мире, большое количество разработок для механизации и автоматизации сельскохозяйственных работ, в России по состоянию на 2020 год лишь 5% агропредприятий внедрили «умные» технологии, следовательно, большая часть работ выполняется вручную. [19]. Немаловажным аспектом тяжести условий труда остается неравномерность трудовой нагрузки работников открытого и защищенного грунта, учитывая сезонность и необходимость жесткого соблюдения агротехнических сроков [20].

Кроме того, полноценная работа агропромышленного комплекса невозможна без ведения хозяйств в условиях защищенного грунта. С 2000 года производство овощей в тепличных условиях возросло по меньшей мере в 3,6 раза [21]. В защищенном грунте трудящиеся работают в условиях высоких температур и влажности воздуха, минимальной его подвижности и, как следствие, высокой вероятности воздействия пестицидов. Большая часть работ производится вручную и около половины работ относится к категории средней и высокой степени тяжести. В отличие от работников открытого грунта, при работе в условиях защищенного грунта овощеводы и механизаторы круглогодично

подвержены воздействию нагревающего микроклимата, который в сочетании с активным физическим трудом в течение рабочей смены оказывает неблагоприятное влияние как на общее состояние, так и непосредственно на кожу тепличниц [22]. В связи с высокой температурой и влажностью воздуха производственных помещений увеличивается степень загрязнения воздуха химическими веществами: пестициды, минеральные удобрения и продукты их деструкции [23, 24]. Температурный режим формируется не только за счет искусственных обогревателей, но и под воздействием инсоляции. Так как покрывающие теплицу материалы хорошо пропускают ультрафиолет, кожные покровы работников подвержены негативному влиянию солнечной радиации, вызывая актинические поражения кожи [25, 26].

На развитие контактных дерматитов оказывает влияние комплекс факторов: условия окружающей среды (температура, скорость воздушного потока, влажность) и наличие окклюзии (роль которой может выполнять одежда), неправильно используемые средства индивидуальной защиты - способны увеличивать риск развития контактного дерматита [27]. При воздействии низких температур и низкой влажности увеличивается трансэпидермальная потеря воды, что способствует развитию реакции раздражения кожи [28]. Повышенная влажность также обладает ирритантным эффектом для кожи, так как способствует нарушению кожного барьера [29]. Учитывая большое разнообразие выполняемых работ и воздействие различных факторов у работников значительно повышается риск манифестации дерматита от контакта с водой, моющими средствами, органическими веществами [30, 31].

В настоящее время обоснован и утвержден предельно допустимый уровень загрязнения кожных покровов рабочих для 26 веществ, что несопоставимо с количеством химических веществ, с которыми сталкивается человек в процессе трудовой деятельности<sup>7</sup>. На сегодняшний день в РФ разрешено применение более 400 инсектицидов и акарицидов, более 500 фунгицидов и около 900 гербицидов. Данные вещества вошли в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории России в 2022 году.

В сельскохозяйственном производстве химические вещества могут воздействовать на работников через дыхательные пути, кожу, слизистые, желудочно-кишечный тракт [32].

Преимущественный способ попадания вредных веществ в организм зависит от особенностей технологического процесса, а также операций, выполняемых

---

<sup>7</sup> Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. N 2

вручную. Формирование уровня экспозиции химических веществ на коже и в воздухе определяется их летучестью и агрегатным состоянием в воздухе (аэрозоль или пары+аэрозоль). Достоверно выявлена корреляционная зависимость содержания на кожных покровах пестицидов в зависимости от летучести для веществ в агрегатном состоянии пары+аэрозоль.

Пестициды – вещества с выраженной биологической активностью, способные вызывать нарушения жизнедеятельности как у растений, насекомых и микроорганизмов, против которых они используются, так и у человека. В зависимости от химического строения и степени токсического действия пестициды делятся на классы. Самыми токсичными и опасными, с наибольшим потенциалом воздействия на неповрежденную кожу, признаны фосфор- и хлорорганические соединения, на сегодняшний день большая часть таких препаратов заменена менее агрессивными веществами, относящимися преимущественно к 3-4 классу опасности по гигиенической классификации пестицидов (например, бифентрин, бупрофезин, хлорокись меди, карбоксин и др.) [33, 34].

Нередко у работников сельского хозяйства причинами дерматозов являются: контакт с различными луговыми растениями, травами, садовыми цветами, раздражающее действие пыльцы плодоносных растений, а также механическая травматизация кожи шипиками стеблей, листьев и плодов. При попадании на кожный покров сока таких растений, как пастернак, клевер, гречиха, борщевик, сморокница, содержащих производные фурукумарина, под действием солнечных лучей возникает фотохимический дерматит. Во время сева протравленного зерна, опрыскивания растений, фумигации почвы и обработки животных контакт с различными пестицидами способен приводить к тяжелым аллергическим дерматитам [7]. Наиболее высоким сенсibiliзирующим потенциалом обладают эфирные масла, шерсть и перхоть животных [5].

Кроме того, необходимо учитывать влияние обсемененности воздуха рабочей зоны условно-патогенными микроорганизмами на развитие иммуноопосредованных заболеваний. Биологический фактор оказывает значимое воздействие на здоровье рабочих агропромышленного комплекса, в первую очередь сотрудников животноводческих предприятий. Большинство кожных заболеваний обладает полиэтиологичностью и иммуноассоциированным механизмом развития (реакции гиперчувствительности с кожными проявлениями, псориаз, параспориазы, красный плоский лишай, пемфигус, пемфигиод, герпетиформный дерматит и др.). Данные аспекты открывают большое поле для

дальнейшего изучения профессионально обусловленных заболеваний кожи [35,36].

### **Ключевые звенья патогенеза профессиональных контактных дерматитов**

Для развития ирритантного контактного дерматита необходимо воздействие четырех взаимосвязанных механизмов [37, 38]:

- устранение поверхностных липидов и влагоудерживающих веществ;
- повреждение клеточных мембран;
- денатурация эпидермального кератина;
- прямое цитотоксическое действие.

При первоначальном контакте со слабым ирритантом повреждение кожи может быть незаметно клинически, однако проявляется деструкцией кожного барьера морфологически. При этом интенсивность воспалительной реакции находится в прямой пропорциональной зависимости от степени воздействия ирританта именно для простого контактного дерматита, то есть чем больше концентрация раздражителя и длительнее контакт, тем объективные и субъективные симптомы клинической картины дерматита ярче. В результате длительного регулярного контакта со слабым раздражителем степень морфологических изменений нарастает, что в конечном итоге выражается клинически. Действие раздражителя во многом напоминает иммунологическую реакцию, так как сопровождается высвобождением медиаторов воспаления из неиммунных клеток (корнеоцитов), реагируя на химические стимулы. Инициация иммунного ответа происходит при нарушении кожного барьера, в дальнейшем запускается каскад реакций в виде высвобождения цитокинов (ИЛ-1 $\alpha$ , ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6, ФНО- $\alpha$ ), что приводит к экспрессии генов МНС-II и молекул адгезии на кератиноцитах, повышается уровень хемокина CCL-21, привлекающего «необученные» Т-лимфоциты в кожу, визуальное вызывая проявления воспаления [14, 39, 40].

Клинические проявления аллергического контактного дерматита представляют собой классический тип замедленной реакции гиперчувствительности IV типа. Данный тип иммунного ответа возникает при контакте с антигеном и последующей сенсибилизации организма, имеющего генетическую восприимчивость к аллергену производственной среды, при последующем контакте инициируется сложная воспалительная реакция (фаза сенсибилизации и фаза развития воспаления). В механизмах развития аллергического профессионального дерматита и экземы ведущую роль выполняют реакции клеточного иммунитета, обусловленные Th-1 лимфоцитами и макрофагами с последующим выделением таких медиаторов воспаления, как простагландины,

лейкотриены, гистамин и др., что клинически проявляется эритемой, отеком и зудом [41].

С целью дифференциальной диагностики важно учитывать время проявления заболевания после контакта с раздражителем. Тогда как для простого профессионального дерматита характерно развитие процесса непосредственно после контакта с раздражителем, для развития аллергического контактного дерматита необходим контакт с производственным аллергеном в течение преимущественно нескольких месяцев, а для формирования экземы чаще всего необходима сенсibilизация в течение 3-12 месяцев [42, 43, 7].

**Заключение.** Таким образом, при изучении этиологических факторов заболеваний кожи среди трудящихся в сельском хозяйстве отмечается их многообразие. Полиэтиологичность дерматозов связана с различным характером выполняемых работ при протравливании семян, обработке почвы и растений, уходе за животными. Отмечается разнообразие производственных факторов в виде негативного физического, химического и биологического воздействия на рабочих. Несмотря на технический прогресс, частичную автоматизацию труда, большинство работ на сегодняшний день выполняются вручную, в связи с чем условия труда в сельском хозяйстве остаются одними из самых тяжелых. Данный вопрос не теряет актуальности и в настоящий момент, в связи с чем проблема требует дальнейшего изучения, большего внимания среди работников, работодателей и практикующих специалистов в области медицины труда, внедрения современных методов диагностики и профилактики.

### Список литературы:

1. Мигачева, А. Г., Новикова, Т. А., Спиринов, В. Ф., Данилов, А. Н., Старшов, А. М. Особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы овощеводов защищенного грунта в динамике рабочей смены. Санитарный врач. 2016;1: 14-19.
2. Клепиков О.В., Мамчик Н.П., Габбасова Н.В., Калашников Ю.С. Влияние условий труда на состояние здоровья рабочих в тепличном производстве. Медицина труда и промышленная экология. 2016;(7):21-25.
3. Потапов А. И., Ракитский В. Н., Березняк И. В. Комплексное воздействие химических веществ в условиях промышленного и сельскохозяйственного производства. М.: Шико, 2012. с.132-134
4. Мирошникова Д.И., Ракитский В.Н., Березняк И.В., Иванова Л.Г. Влияние пестицидов на основе глифосата на здоровье работников сельскохозяйственного производства. Гигиена и санитария. 2021;100(9):933-937.
5. Федеральные клинические рекомендации. Профессиональный аллергический контактный дерматит, 2021.

6. Косимов Х.О. Условия труда и профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства. MALIY VA TIBBIYOT FANLARI ILMIY JURNALI. 2023; 2(3):64–71. Retrieved from <https://sciencebox.uz/index.php/amaltibbiyot/article/view/6390>
7. Ерина И. А. Контактные аллергические дерматиты от воздействия химических факторов и растений. Синергия Наук. 2018; 26: 535-540.
8. Иванова Н.И., Горохова Е.А. Инновационные дерматологические средства индивидуальной защиты с инактиваторами для противодействия влиянию солей тяжелых металлов. Медицина труда и промышленная экология. 2017;(9):80-80.)
9. Федеральные клинические рекомендации по ведению больных контактным дерматитом. Москва. - 2021.
10. Donham, K.J., Thelin, A., Agricultural Skin Diseases. Agricultural Medicine: Rural Occupational and Environmental Health, Safety, and Prevention, Second Edition. 2016. DOI:10.1002/9781118647356
11. Diepgen TL, Andersen KE, Chosidow O, Coenraads PJ, Elsner P, English J, Fartasch M, Gimenez-Arnau A, Nixon R, Sasseville D, Agner T. Guidelines for diagnosis, prevention and treatment of hand eczema // J Dtsch Dermatol Ges. . - 2015. - С. 77-85. DOI: 10.1111/ddg.12510. PMID: 25640512.
12. Шулаев А. В., Зарипова Р. Н., Жабоева С. Л. Распространенность факторов риска рака кожи и управление ими (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). Общественное здоровье и здравоохранение. 2020; 2: 66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranennost-faktorov-riska-raka-kozhi-i-upravlenie-imi-obzor-literatury>
13. Федеральные клинические рекомендации по ведению больных чесоткой. Москва. 2021.
14. Bains SN, Nash P, Fonacier L. Irritant Contact Dermatitis // Clin Rev Allergy Immunol. 2019;№56(1): 99-109. DOI: 10.1007/s12016-018-8713-0
15. Frosch P. J., John S. M. Clinical aspects of irritant contact dermatitis. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – С. 305-345
16. Weltfriend S., Maibach H. I. Irritant dermatitis: clinical heterogeneity and contributing factors. Marzulli and Maibach's Dermatotoxicology. 2008. С. 125.
17. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы охраны труда в современном сельском хозяйстве. Прикладные, поисковые и фундаментальные социально-экономические исследования: интеграция науки и практики. 2018.
18. Измеров Н. Ф. Гигиена труда: учебник / Н. Ф. Измеров, В. Ф. Кириллов - 2-е изд., перераб. и доп. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 480 с.
19. Ториков В.Е., Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Дорных Г.Е. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020; 9:6-13.
20. Яковлева, Е. В. Правовая защита женщин в сельском хозяйстве. / Е. В. Яковлева, Ю. Г. Ярунина // Молодежь и XXI век - 2017 : материалы VII Международной молодежной научной конференции: в 4 томах, Курск, 21–22 февраля 2017 года. Том 1. Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. С. 397-400. EDN YHYGPD.
21. Солдатенко А. В. и др. Тепличное хозяйство – обзор текущего состояния отрасли АПК России. Овощи России. 2020; 2: 3-11.
22. Мигачева А.Г., Спиринов В.Ф. Оценка тяжести труда работников защищенного грунта в годовом цикле производства овощей. Медицина труда и промышленная экология. 2019;(9):697-698.
23. Мигачева А. Г. Состояние условий труда и их влияние на здоровье овощеводов защищенного грунта. Здравоохранение Российской Федерации. 2013; 6: 47-48.
24. Мигачева А. Г., Новикова Т. А., Спиринов В. Ф., Данилов А. Н., Старшов А. М. Особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы овощеводов защищенного грунта в динамике рабочей смены. Санитарный врач. 2016; 1:14-19.

25. Спирин В. Ф., Варшамов Л. А. Условия труда и профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства. Медицина труда и промышленная экология. 2003; 11: 1-2.
26. Профессиональный риск для здоровья работников: Руководство под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. М.: Тровант. 2003
27. Zhai H., Maibach H.I. Skin occlusion and irritant and allergic contact dermatitis: an overview. Contact Dermatitis. 2001; 44 (4): 201–206.
28. Uter W., Gefeller O., Schwanitz H.J. An epidemiological study of the influence of season (cold and dry air) on the occurrence of irritant skin changes of the hands. Br J Dermatol. 1998; 138 (2): 266–272.
29. Fluhr J.W., Akengin A., Bornkessel A. et al. Additive impairment of the barrier function by mechanical irritation, occlusion and sodium lauryl sulphate in vivo. Br J Dermatol. 2005; 153 (1): 125–131.
30. Diepgen T.L., Coenraads P.J. The epidemiology of occupational contact dermatitis. Int Arch Occup Environ Health. 1999; 72 (8): 496–506.
31. Bock M., Schmidt A., Bruckner T., Diepgen T.L. Occupational skin disease in the construction industry. Br J Dermatol. 2003; 149 (6): 1165–1171.
32. Турова Н. А., Паскарелов С. И. Влияние пестицидов на организм человека. Modern science. 2020; 12 (3): 11-14.
33. Ракитский В. Н., Терешкова Л.П., Чхвиркия Е.Г., Епишина Т.М. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов. Здравоохранение РФ. 2020; 1:45-50.
34. Методические рекомендации «Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности». No 2001/26, М., 2001.
35. Масыгутова Л.М. Оценка факторов риска и комплексная профилактика нарушений здоровья у работников животноводческого комплекса: автореф. дисс. Медицина труда: 14.02.04. Москва, 2017. 22 с.
36. Бакиров А.Б., Масыгутова Л.М., Гизатуллина Л.Г., Жаркова И.А., Хайруллин Р.У., Гарькуша Л.Р., Свирская М.В., изобретатели; Способ прогнозирования риска развития иммуноопосредованных заболеваний у работающих в условиях обсемененности воздуха рабочей зоны условно-патогенными микроорганизмами. Патент Российской Федерации №2659169. 28 июня 2018г.
37. Петрунин Д. Д. Медикаментозная терапия с точки зрения влияния на морфофункциональные характеристики эпидермального барьера. Вестник дерматологии и венерологии. 2019; №95(1):59–76.
38. Yang L., Mao-Qiang M., Taljebini M. et al. Topical stratum corneum lipids accelerate barrier repair after tape stripping, solvent treatment and some but not all types of detergent treatment. Br J Dermatol 1995; 133 (5): 679–685.
39. Амромина А.М., Шаихова Д.Р., Береза И.А. Генетические факторы риска развития профессиональных контактных дерматитов. Анализ риска здоровью. 2023;4:181-192.
40. Smith H.R., Basketter D.A., McFadden J.P. Irritant dermatitis, irritancy and its role in allergic contact dermatitis. Clin Exp Dermatol 2002; 27 (2): 138–146.
41. Martin S.F., Rustemeyer T., Thyssen J.P. Recent advances in understanding and managing contact dermatitis. F1000Research 2018, 7 (F1000 Faculty Rev): 810.
42. Измерова Н.И., Петинати Я.А., Богачева Н.А. Алгоритм диагностики профаллергодерматозов. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 9: 83.
43. Scheinman PL, Vocanson M, Thyssen JP, Johansen JD, Nixon RL, Dear K, Botto NC, Morot J, Goldminz AM. Contact dermatitis // Nat Rev Dis Primers. 2021; №7(1): 38. DOI: 10.1038/s41572-021-00271-4

## References:

1. Migacheva, A. G., Novikova, T. A., Spirin, V. F., Danilov, A. N., Starshov, A. M. (2016). Features of adaptive reactions of the cardiorespiratory system of greenhouse vegetable growers in the dynamics of a work shift. *Sanitarnyj vrach.* (1), 14-19. [In Russ].
2. Klepikov O.V., Mamchik N.P., Gabbasova N.V., Kalashnikov Yu.S. The influence of working conditions on the health of workers in greenhouse production. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2016;(7):21-25. [In Russ].
3. Potapov A. I., Rakitsky V. N., Bereznyak I. V. Complex effects of chemicals in industrial and agricultural production. M.: Shiko, 2012. P.132-134. [In Russ].
4. Miroshnikova D.I., Rakitsky V.N., Bereznyak I.V., Ivanova L.G. The impact of glyphosate-based pesticides on the health of agricultural workers. *Gigiena i sanitariya.* 2021;100(9):933-937. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-933-937> [In Russ].
5. Federal clinical guidelines. Occupational Allergic Contact Dermatitis, 2021. [In Russ].
6. Kosimov Kh.O. Working conditions and occupational morbidity among agricultural workers // MALIY VA TIBBIYOT FANLARI ILMIY JURNALI. – 2(3), 64–71. 2023. Retrieved from <https://sciencebox.uz/index.php/amaltibbiyot/article/view/6390>
7. Erina I. A. Contact allergic dermatitis from exposure to chemical factors and plants. *Sinergiya Nauk.* 2018; 26: 535-540. – EDN FHRMJV. [In Russ].
8. Ivanova N.I., Gorokhova E.A. Innovative dermatological personal protective equipment with inactivators to counteract the effects of heavy metal salts. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2017;(9):80-80. [In Russ].
9. Federal clinical recommendations for the management of patients with contact dermatitis. Moscow - 2021. [In Russ].
10. Donham, K.J., Thelin, A., Agricultural Skin Diseases // Agricultural Medicine: Rural Occupational and Environmental Health, Safety, and Prevention, Second Edition. – 2016. DOI:10.1002/9781118647356
11. Diepgen TL, Andersen KE, Chosidow O, Coenraads PJ, Elsner P, English J, Fartasch M, Gimenez-Arnau A, Nixon R, Sasseville D, Agner T. Guidelines for diagnosis, prevention and treatment of hand eczema // *J Dtsch Dermatol Ges.* . - 2015. - P. 77-85. DOI: 10.1111/ddg.12510. PMID: 25640512.
12. Shulaev A.V., Zaripova R.N., Zhaboeva S.L. Prevalence of skin cancer risk factors and their management (LITERATURE REVIEW). *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravoohranenie.* 2020;2:(66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranennost-faktorov-riska-raka-kozhi-i-upravlenie-imi-obzor-literatury>
13. Federal clinical recommendations for the management of patients with scabies. Moscow - 2021. [In Russ].
14. Bains SN, Nash P, Fonacier L. Irritant Contact Dermatitis // *Clin Rev Allergy Immunol.* - 2019. - No. 56(1). - pp. 99-109. DOI: 10.1007/s12016-018-8713-0
15. Frosch P. J., John S. M. Clinical aspects of irritant contact dermatitis. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – pp. 305-345
16. Weltfriend S., Maibach H. I. Irritant dermatitis: clinical heterogeneity and contributing factors // *Marzulli and Maibach's Dermatotoxicology.* 2008. P. 125.
17. Shirokov Yu.A., Smirnov G.N. Current problems of labor protection in modern agriculture // Applied, search and fundamental socio-economic research: integration of science and practice. – 2018. [In Russ].
18. Izmerov, N. F. Occupational Hygiene: textbook / N. F. Izmerov, V. F. Kirillov - 2nd ed., revised. and additional - Moscow: GEOTAR-Media, 2016. - 480 p. - ISBN 978-5-9704-3691-2 [In Russ].
19. Torikov V.E., Pogonyshv V.A., Pogonyshva D.A., Dornykh G.E. STATE OF DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2020.

- No. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-tsifrovoy-transformatsii-selskogo-hozyaystva> (access date: 03/21/2023). [In Russ].
20. Yakovleva, E. V. Legal protection of women in agriculture / E. V. Yakovleva, Yu. G. Yarunina // Youth and the XXI century - 2017: materials of the VII International Youth Scientific Conference: in 4 volumes, Kursk, 21– February 22, 2017. Volume 1. - Kursk: Closed Joint Stock Company "University Book", 2017. - P. 397-400. – EDN YHYGPD. [In Russ].
  21. Soldatenko A.V. et al. Greenhouse farming – review of the current state of the Russian agro-industrial complex. *Ovoshchi Rossii*. 2020; 2: 3-11. [In Russ].
  22. Migacheva A.G., Spirin V.F. Assessment of the severity of labor of protected soil workers in the annual cycle of vegetable production. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019;(9):697-698. [In Russ].
  23. Migacheva A. G. The state of working conditions and their influence on the health of vegetable growers of protected soil. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*. 2013; 6:47-48. [In Russ].
  24. Migacheva, A. G., Novikova, T. A., Spirin, V. F., Danilov, A. N., Starshov, A. M. (2016). Features of adaptive reactions of the cardiorespiratory system of greenhouse vegetable growers in the dynamics of a work shift. *Sanitarnyj vrach*. 2016:1:14-19. [In Russ].
  25. Spirin V.F., Varshamov L.A. Working conditions and occupational incidence of agricultural workers. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2003;11:1-2. [In Russ].
  26. Occupational risk to workers' health: A guide, ed. N.F. Izmerova, E.I. Denisova. M.: Trovant. 2003. [In Russ].
  27. Zhai H., Maibach H.I. Skin occlusion and irritant and allergic contact dermatitis: an overview. *Contact Dermatitis*. 2001; 44 (4): 201–206.
  28. Uter W., Gefeller O., Schwanitz H.J. An epidemiological study of the influence of season (cold and dry air) on the occurrence of irritant skin changes of the hands. *Br J Dermatol*. 1998; 138(2):266–272.
  29. Fluhr J.W., Akengin A., Bornkessel A. et al. Additive impairment of the barrier function by mechanical irritation, occlusion and sodium lauryl sulphate in vivo. *Br J Dermatol*. 2005; 153(1):125–131.
  30. Diepgen T.L., Coenraads P.J. The epidemiology of occupational contact dermatitis. *Int Arch Occup Environ Health*. 1999; 72(8):496–506.
  31. Bock M., Schmidt A., Bruckner T., Diepgen T.L. Occupational skin disease in the construction industry. *Br J Dermatol*. 2003; 149(6):1165–1171.
  32. Turova N. A., Paskarelov S. I. Effect of pesticides on the human body. *Modern science*. 2020. No. 12-3. pp. 11-14. [In Russ].
  33. Rakitsky V.N., Tereshkova L.P., Chkhvirkiya E.G., Epishina T.M. Fundamentals of ensuring the safe use of pesticides. *Zdravoohranenie RF*. 2020; 1:45-50. [In Russ].
  34. Methodological recommendations "Hygienic classification of pesticides by degree of danger." No. 2001/26, M., 2001.- 10 p. [In Russ].
  35. Masyagutova L.M. Assessment of risk factors and comprehensive prevention of health disorders among livestock workers: abstract of thesis. *Meditsina truda*: 02.14.04. - Moscow, 2017. - 22 p. [In Russ].
  36. Bakirov A.B., Masyagutova L.M., Gizatullina L.G., Zharkova I.A., Khairullin R.U., Garkusha L.R., Svirskaya M.V., inventors; A method for predicting the risk of developing immune-mediated diseases in workers in conditions where the air in the work area is contaminated with opportunistic microorganisms. Patent Russian Federation No. 2659169. June 28, 2018. [In Russ].
  37. Petrunin D. D. Drug therapy from the point of view of its influence on the morphofunctional characteristics of the epidermal barrier. *Vestnik dermatologii i venerologii*. 2019;95(1):59–76. [In Russ].

38. Yang L., Mao-Qiang M., Taljebini M. et al. Topical stratum corneum lipids accelerated barrier repair after tape stripping, solvent treatment and some but not all types of detergent treatment. *Br J Dermatol* 1995; 133(5):679–685.
39. Amromina A.M., Shaikhova D.R., Bereza I.A. Genetic risk factors for the development of occupational contact dermatitis // *Analiz riska zdorov'yu.* - 2023. - No. 4. [In Russ].
40. Smith H.R., Basketter D.A., McFadden J.P. Irritant dermatitis, irritancy and its role in allergic contact dermatitis. *Clin Exp Dermatol* 2002; 27 (2): 138–146.
41. Martin S.F., Rustemeyer T., Thyssen J.P. Recent advances in understanding and managing contact dermatitis. *F1000Research* 2018, 7 (F1000 Faculty Rev): 810.
42. Izmerova N.I., Petinati Y.A., Bogacheva N.A. Algorithm for diagnosing occupational allergodermatoses. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 9: 83. [In Russ].
43. Scheinman PL, Vocanson M, Thyssen JP, Johansen JD, Nixon RL, Dear K, Botto NC, Morot J, Goldminz AM. Contact dermatitis. *Nat Rev Dis Primers.* 2021; 7(1): 38.

Поступила/Received: 28.05.2024

Принята в печать/Accepted: 06.06.2024

УДК: 613.6(470.57)

**ЗДОРОВЬЕ РАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН:  
СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ЕГО СОХРАНЕНИЯ**

Шайхлисламова Э.Р.<sup>1,2</sup>, Бакиров А.Б.<sup>1,2,3</sup>, Каримова Л.К.<sup>1</sup>, Ильина Л.А.<sup>1</sup>, Мулдашева Н.А.<sup>1</sup>, Шаповал И.В.<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup>Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия

Всесторонний анализ выявил негативные тенденции в сфере естественного движения населения и трудовых ресурсов, смертности и заболеваемости трудоспособного населения, в том числе профессиональной, производственного травматизма, что привело к формированию трудонедостаточности и кадрового дефицита в стратегически важных отраслях экономики Республики Башкортостан. Основными причинами смерти взрослого населения в Республике Башкортостан являлись: болезни системы кровообращения, новообразования. В структуре общей заболеваемости преобладают заболевания системы кровообращения, новообразования и заболевания органов дыхания. Показатели профессиональной заболеваемости за последние годы составили 0,03-0,07‰. Выявлен высокий уровень травматизма со смертельным исходом у работников со стажем работы до 5 лет. Для преодоления сложившихся в республике негативных трендов и достижения ключевых показателей национальных проектов и профильных программ разработаны приоритетные направления управленческих решений на основе привлечения ресурсов органов местного самоуправления и работодателей в пределах своих компетенций в рамках реализации территориальных программ «Здоровый муниципалитет» и корпоративных стратегий сохранения здоровья работников.

**Ключевые слова:** здоровье работника, работающее население, демографические показатели, заболеваемость с временной утратой трудоспособности, профессиональные заболевания.

**Для цитирования:** Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Ильина Л.А., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В. Здоровье работающего населения Республики Башкортостан: состояние и пути его сохранения. Медицина труда и экология человека. 2024;2:84-91.

**Для корреспонденции:** Шайхлисламова Эльмира Радиковна, к.м.н., директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru.

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

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10206>

## HEALTH OF THE WORKING POPULATION OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: CURRENT STATE AND WAYS OF MAINTENANCE

Shaikhislamova E.R.<sup>1,2</sup>, Bakirov A.B.<sup>1,2</sup>, Karimova L.K.<sup>1</sup>, Muldasheva N.A.<sup>1</sup>, Ilyina L.A.<sup>1</sup>, Shapoval I.V.<sup>1</sup>

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

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

A comprehensive analysis has revealed negative trends concerning natural movement of the population and labor resources, mortality and morbidity of the working-age population, including work-related ones, occupational injuries, that resulted in labor deficiency and personnel shortage in strategically important economic sectors of the Republic of Bashkortostan. The main causes of death of the Bashkortostan adult population were: diseases of the circulatory system, neoplasms. The structure of the general morbidity is dominated by diseases of the circulatory system, neoplasms and diseases of the respiratory system. The indicators of occupational morbidity in recent years have amounted to 0.03-0.07o/o. A high level of fatal injuries has been identified among workers with work experience up to 5 years. In order to overcome the negative trends prevailing in the Republic and achieve key indicators of national projects and specialized programs, priority areas of management decisions have been developed based on attracting resources from local governments and employers according to their competencies within the framework of the implementation of territorial programs "Healthy Municipality" and corporate strategies for workers' health maintenance.

**Keywords:** workers' health, working population, demographic indicators, morbidity with temporary disability, occupational diseases.

**Citation:** Shaikhislamova E.R., Bakirov A.B., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Ilyina L.A., Shapoval I.V. Health of the working population of the Republic of Bashkortostan: current state and ways of maintenance. Occupational health and human ecology. 2020: 2;84-91.

**Correspondence:** Elmira R. Shaikhislamova, Cand.Sc. (Medicine), Director of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10206>

Устойчивое социально-экономическое положение любой страны определяется ее трудовыми ресурсами, качество которых зависит от численности и уровня здоровья населения трудоспособного возраста [1-3].

На здоровье работника, по мнению таких авторитетных ученых социал-гигиенистов, как А.Ф. Серенко, В.В. Ермаков, Ю.П. Лисицын, Н.Ф. Измеров, Е.Н. Щепкин, Т.М. Максимова, наряду с общепринятыми социально-экономическими,

экологическими, поведенческими факторами, существенное влияние оказывают вредные производственные факторы, воздействие которых может сопровождаться развитием преждевременного утомления, снижением производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также производственного травматизма [4-7].

В этой связи вопросы сохранения здоровья и трудового долголетия работающего населения находятся в центре внимания федеральных и региональных органов власти, бизнес-сообщества, профессиональных союзов, общественных организаций.

«Майский» указ Владимира Путина «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»<sup>8</sup> стал планом развития страны и ее регионов на ближайшие 12 лет.

Ключевым приоритетом президент назвал народосбережение, которое может быть достигнуто за счет реализации нового национального проекта «Продолжительная и активная жизнь», ставшего правопреемником действующего до конца 2024 года национального проекта «Здравоохранение». Важнейшей национальной целью при этом является сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи.

В соответствии с указом к 2030 году средняя продолжительность жизни должна увеличиться почти на 5 лет и составить к 2030 году 78 лет, а к 2036 году - 81 год. Причем необходимо добиться и еще одного важного показателя – люди должны быть максимально здоровыми.

Для достижения поставленных целей и целевых показателей предполагается разработка блока национальных проектов, государственных программ федерального и регионального уровней.

Республика Башкортостан является одним из ведущих индустриальных и сельскохозяйственных регионов России, обладающим значительным человеческим и трудовым потенциалом.

В настоящее время динамика основных демографических показателей республики характеризуется низкими показателями рождаемости и относительно высокими показателями смертности [8].

Снижение общей численности населения за 2018-2022 гг. происходило по причине естественной убыли, ускорения роста показателя смертности, а в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 вследствие сверхсмертности, наибольшие значения которой приходились на 2020-2021 гг. и составляло 46,2

---

<sup>8</sup> Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309

«О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»

тыс. человек. В этот же период численность населения трудоспособного возраста сократилась на 173,5 тыс. человек.

Переломным для Башкортостана стал 2022 год, когда впервые за последние годы численность трудоспособного населения показала рост по сравнению с началом 2021 года. При этом показатель участия населения трудоспособного возраста в составе рабочей силы остается низким (77,9%) по сравнению с российским (82,5%), что является одной из причин нарастающего кадрового дефицита в республике.

Наибольшая потребность в кадрах в республике (в порядке убывания) к 2025 г. ожидается в обрабатывающих производствах; научной, педагогической и исследовательской деятельности; IT-сфере; транспортировке и хранении; здравоохранении и социальных услугах [9].

Важнейшим демографическим показателем является общая продолжительность жизни, которая только за 2020-2021 гг. потеряла 3,15 лет по сравнению с 2019 годом. По итогам 2022 года, ожидаемая продолжительность жизни в регионе увеличилась с 69,49 года до 73,01, прибавив 3,52 года.

По итогам 2022 года, основными причинами смерти населения республики являлись: болезни системы кровообращения – 34,8%, новообразования – 12,9%, смерть по неустановленным причинам – 10,0%.

Одним из важных показателей, характеризующих состояние здоровья работающих, является заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ). Важность вопросов снижения потерь от ЗВУТ нашла отражение в целевой задаче «майского» указа президента как снижение к 2030 году суммарной продолжительности временной нетрудоспособности граждан в трудоспособном возрасте на основе формирования здорового образа жизни, создания условий для своевременной профилактики заболеваний и привлечения граждан к систематическим занятиям спортом.

За период с 2018 по 2022 гг. показатели ЗВУТ в республике, как по числу случаев, так и дней с временной нетрудоспособностью, имеют тенденции к росту: коэффициент прироста по случаям составил +72,1%, по дням – 68,7%. В 2020 – 2022 гг. отмечался значительный рост числа случаев и дней нетрудоспособности, что обусловлено пандемией новой коронавирусной инфекции COVID-19 [10].

В условиях расширения границ пенсионного возраста показатель общей заболеваемости взрослого населения все в большей степени отражает состояние здоровья трудоспособного населения.

В структуре общей заболеваемости взрослого населения республики в 2022 г. на заболевания системы кровообращения приходилось 20,4%; новообразования – 4,1%, болезни органов дыхания – 9,1%; органов пищеварения – 6,2%.

Одними из значимых факторов, влияющими на здоровье трудоспособного населения, являются вредные условия труда. По данным официальной статистики, удельный вес работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, сохраняется стабильным и составляет более 30% (31,7 - 32,5%).

Вредные условия труда и несоблюдение требований охраны труда способствовали развитию у работников профессиональной патологии, уровни которой за последние годы составляли от 0,03 до 0,07 случаев на 1000 работников.

Структура профессиональных заболеваний была различной: если в 2018-2019 гг. ведущее место занимали заболевания от воздействия физических перегрузок, перенапряжения отдельных органов и систем и физических факторов, то в период с 2020 по 2022 гг. отмечалось значительное преобладание профессиональных заболеваний, вызванных воздействием биологического фактора, преимущественно у медицинских работников.

За исследуемый период отмечалось увеличение показателей общего производственного травматизма с 1,01‰ в 2018 году до 1,10‰ в 2022 году [11].

Основными причинами гибели работников на рабочем месте были неудовлетворительная организация производства работ (32,3%) и нарушение правил дорожного движения (19,1%).

Отмечено, что самые высокие уровни травматизма со смертельным исходом зарегистрированы в таких отраслях экономики, как строительство (0,18‰), добыча полезных ископаемых (0,12‰), водоснабжение и водоотведение (0,12‰), транспортировка и хранение (0,11‰).

Наиболее частыми видами смерти на рабочем месте были гибель в результате дорожно-транспортных происшествий (30,2%) и падения с высоты (27,5%), воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов (16,7%), воздействие электрического тока (6,5%).

Самый высокий риск смерти от производственных травм имели водители транспортных средств, занятые на предприятиях практически всех отраслей экономики республики. Отмечается высокий уровень травматизма со смертельным исходом работников со стажем работы до 5 лет (78,0%). Указанное может сигнализировать о плохом качестве обучения по охране труда, недостаточном контроле при производстве работ и в целом недостаточном

обеспечении работодателями здоровых и безопасных условий труда на отдельных предприятиях республики.

Производственные травмы и профессиональные заболевания явились причиной потери трудоспособности, часть из которых привела к инвалидности. По данным ФКУ «Главное бюро медико-социальной экспертизы по Республике Башкортостан» Минтруда России, в 2022 году впервые признаны инвалидами вследствие трудового увечья или профзаболевания 50 человек (2021 г. – 45 человек). Наибольшее количество (96%) приходилось на впервые признанных инвалидами вследствие производственных травм; лишь 4% признаны инвалидами по поводу профзаболеваний. В структуре инвалидности по группам 77,8% лиц с впервые установленной инвалидностью приходилось на III группу. Основной причиной инвалидности в результате несчастных случаев на производстве являлись последствия травм опорно-двигательного аппарата – 79,0%.

При сопоставлении условий труда работников, показателей профессиональной заболеваемости и производственного травматизма на предприятиях различных видов экономической деятельности выявлено, что наиболее неблагоприятное положение характерно для обрабатывающих производств и предприятий по добыче полезных ископаемых, строительства, сельского и лесного хозяйства, что требует разработки адресных мероприятий по обеспечению безопасных условий труда и сохранению здоровья работников [9].

Изложенное свидетельствует о необходимости дальнейшего повышения уровня охраны труда на предприятиях Республики Башкортостан в рамках программы «Нулевой травматизм», а также разработки комплекса адресных профилактических мероприятий по снижению риска гибели работников, особенно среди малостажированных лиц и в наиболее травмоопасных профессиях.

Таким образом, в Республике Башкортостан сохраняются негативные тенденции в сфере естественного движения населения и трудовых ресурсов, смертности и заболеваемости трудоспособного населения, в том числе профессиональной, производственного травматизма, что привело к формированию трудонедостаточности и кадрового дефицита в стратегически важных отраслях экономики региона.

Основными направлениями и приоритетами региональной социальной и демографической политики являются следующие:

- сохранение населения, увеличение ожидаемой продолжительности жизни, укрепление здоровья, формирование у населения здорового образа жизни, привлечение к систематическим занятиям спортом, обеспечение безопасных

условий труда и сохранения здоровья работающего населения, своевременная профилактика заболеваний, в том числе связанных с условиями труда, повышения благосостояния населения и роста доходов работников;

- реализация программ «Здоровый муниципалитет», корпоративных программ и обеспечение их скоординированности в рамках полномочий органов местного самоуправления и социальной ответственности бизнеса на территории его присутствия;
- усиление взаимодействия всех заинтересованных сторон по вопросам сохранения здоровья работающего населения.

Для реализации указанных приоритетных направлений необходимо разработать комплексную региональную программу по сохранению здоровья работающего населения.

### Список литературы:

1. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Проблемы здоровья работающего населения в России. Проблемы прогнозирования. 2011;3:56-70.
2. Каратаева Т.А. Здоровье населения как важный фактор экономической безопасности. Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018; 5:142-145.
3. Здоровье населения и деятельность медицинских организаций Республики Башкортостан в 2020 году: Стат. сб. / Отв. ред. Ахметгареева Г.Р. Уфа: ГКУЗ РБ МИАЦ, 2021. 265 с. Доступно по: <https://миац-рб.рф/search/index.php?q=сборники> (дата обращения 20.05.2024).
4. Серенко А.Ф., Ермаков В.В., Миндлин Я.С. Организация и методы преподавания социальной гигиены и организации здравоохранения на санитарно-гигиеническом факультете I Московского медицинского института им. И.М.Сеченова. Гигиена и санитария. 1970;1:72-75.
5. Руководство по социальной гигиене и организации здравоохранения / Под ред. Ю.П.Лисицина, Е.Н.Шиган, И.С.Слученко и др. в 2-х томах, т.1, М.: Медицина, 1987, с.200-278.
6. Измеров Н.Ф., Трахман М.Б. Социально-экономические вопросы гигиены окружающей среды. Гигиена и санитария 1975;5:57-62.
7. Максимова Т.М. Современное состояние, тенденции и перспективные оценки здоровья населения / Т.М. Максимова. - Москва : ПЕР СЭ, 2002. - 186, [1] с.: табл.; 22 см.
8. Республика Башкортостан в цифрах. Статистический сборник. Доступно по: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/65480/document/227064> (дата обращения 20.05.2024).
9. Вице-премьер Голикова назвала отрасли, в которых будет наблюдаться самая высокая потребность в кадрах. Доступно по: <https://zvezda-langepasa.ru/2024/04/26/вице-премьер-голикова-назвала-отрасль> (дата обращения 20.05.2024).
10. Аникина М.Л., Закиров И.В. Экономические потери при временной утрате трудоспособности работающего населения Республики Башкортостан. Вестник ЗКУ. 2022;2(86):163-167.
11. Шаповал И.В., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Мулдашева Н.А., Карамова Л.М., Бейгул Н.А., Ильина Л.А. Анализ производственного травматизма со смертельным исходом в Республике Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2024;1:49-63.

**References:**

1. Izmerov N.F., Tikhonova G.I. Health problems of the working population in Russia. *Problemy prognozirovaniya*. 2011;3:56-70. (In Russ).
2. Karataeva T.A. Public health as an important factor of economic security. *Vestnik Altajskoj akademii jekonomiki i prava*. 2018; 5:142-145. (In Russ).
3. Public health and the activities of medical organizations of the Republic of Bashkortostan in 2020: Statistical collection / Ed. Akhmetgareeva G.R. Ufa: GBUZ RB MIAC, 2021. 265 p. Available at: <https://миац-рб.рф/search/index.php?q=сборники> (accessed 05.20.2024).
4. Serenko A.F., Ermakov V.V., Mindlin Ya.S. The organization and methods of teaching social hygiene and health care at the Faculty of Hygiene and Hygiene of the I.M. Sechenov Moscow Medical Institute. *Gigiena i sanitarija*. 1970;1:72-75. (In Russ).
5. Guidelines on social hygiene and health organization / Pod red. Yu.P.Lisitcina, E.N.Shigan, I.S.Sluchenko i dr. v 2-h tomah, t.1, M.: *Medicina*, 1987, pp.200-278. (In Russ).
6. Izmerov N.F., Trakhman M.B. Socio-economic issues of environmental hygiene. *Gigiena i sanitarija*. 1975;5:57-62. (In Russ).
7. Maksimova T.M. Current state, trends and prospective assessments of public health / T.M. Maksimova. - Moskva : *PER SJe*, 2002. - 186, [1] s.: tabl.; 22 sm. (In Russ).
8. The Republic of Bashkortostan in numbers. Statistical collection. Available at: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/65480/document/227064>(accessed 05.20.2024).
9. Deputy Prime Minister Golikova named the industries in which the highest demand for personnel will be observed. Available at: <https://zvezda-langepasa.ru/2024/04/26/вице-премьер-голикова-назвала-отрасл> (accessed 05.20.2024).
10. Anikina M.L., Zakirov I.V. Economic losses due to a temporary decrease in the working capacity of the working-age population of the Republic of Bashkortostan. *Vestnik ZKU*. 2022;2(86):163-167. (In Russ).
11. Shapoval I.V., Karimova L.K., Bakirov A.B., Muldasheva N.A., Karamova L.M., Bejgul N.A., Ilina L.A. Analysis of fatal occupational injuries in the Republic of Bashkortostan. *Medicina truda i jekologija cheloveka*. 2024;1:49-63. (In Russ).

Поступила/Received: 20.05.2024

Принята в печать/Accepted: 27.05.2024

УДК 613.6

## НЕАЛКОГОЛЬНАЯ ЖИРОВАЯ БОЛЕЗНЬ ПЕЧЕНИ У ЛИЦ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

Кудояров Э. Р.<sup>1</sup>, Иванова Д.П.<sup>1</sup>, Бакиров А. Б.<sup>1,2,3</sup>, Калимуллина Д.Х.<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup>Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия

Исследования различных аспектов неалкогольной жировой болезни печени, проведенные в последние 15 лет в России и по всему миру, помогли подтвердить высокую значимость данного заболевания для социально-экономических процессов в связи с высокой распространенностью заболевания, широким спектром клинических проявлений, а также медицинских и социально-экономических последствий. Анализ множества этиологических факторов, влияющих на печень, позволил подтвердить главное звено патогенеза, связанное с развитием инсулинорезистентности и метаболического синдрома. В результате фокус в диагностике заболевания сместился с необходимости доказательства отсутствия избыточного употребления алкоголя и других факторов повреждения печени, возникли задачи по оценке значимости новых этиологических факторов. В дальнейшем это стало основным мотивом для изменения общепринятого названия заболевания, исследований участия вредных факторов труда на этиологию данного заболевания и разработки персонифицированных аспектов лечения.

**Ключевые слова:** жировая болезнь печени, стеатоз, фиброз, инсулинорезистентность, метаболический синдром, метаболическая дисфункция, проспективное исследование, кардиометаболический риск.

**Для цитирования:** Кудояров Э.Р., Иванова Д.П., Бакиров А.Б., Калимуллина Д.Х. Неалкогольная жировая болезнь печени: актуальная проблема здравоохранения. Медицина труда и экология человека. 2024;2:92-109.

**Для корреспонденции:** Кудояров Эльдар Ренатович, младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных. E-mail: e.kudoyarov@yandex.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10207>

## NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE IN THE WORKING AGE PATIENTS

Kudoyarov E.R.<sup>1</sup>, Ivanova D.P.<sup>1</sup>, Bakirov A.B.<sup>1,2,3</sup>, Kalimullina D.Kh.<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup>Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Studies on various aspects of non-alcoholic fatty liver disease conducted in the last 15 years in Russia and around the world have helped confirm the high importance of this disease for socio-economic processes due to the high prevalence of the disease, a wide range of clinical manifestations, as well as medical and socio-economic consequences. The analysis of a variety of etiological factors affecting the liver allowed us to confirm the main link of pathogenesis associated with the development of insulin resistance and metabolic syndrome. As a result, the focus in the diagnosis of the disease shifted from the need to prove the absence of excessive alcohol consumption and other factors of liver damage, and tasks arose to assess the significance of new etiological factors. Subsequently, this became the main motive for changing the generally accepted name of the disease, research on the involvement of harmful working factors in the disease etiology and the development of personalized aspects of treatment.

**Key words:** fatty liver disease, steatosis, fibrosis, insulin resistance, metabolic syndrome, metabolic dysfunction, prospective study, cardiometabolic risk.

**Citation:** Kudoyarov E.R., Ivanova D.P., Bakirov A.B., Kalimullina D.Kh. Non-alcoholic fatty liver disease: an actual problem of healthcare. Occupational health and human ecology.2024;2:92-109.

**Correspondence:** Eldar R. Kudoyarov, Junior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinic of Laboratory Animals. E-mail: e.kudoyarov@yandex.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10207>

Отечественные и зарубежные исследователи рассматривают неалкогольную жировую болезнь печени (НАЖБП) как актуальную проблему здравоохранения в связи с ее медико-социальной значимостью, негативным влиянием на здоровье населения и экономическое состояние стран. НАЖБП является самой распространенной причиной заболеваемости и смертности, связанных с печенью

[1]. Проблема возрастания числа случаев НАЖБП, обнаруженная вследствие крупномасштабных проспективных исследований (DIREG и DIREG2), в России и в мире становится более актуальной с каждым годом, достигнув характера пандемии [2-4]. НАЖБП тесно ассоциирована с ожирением, особенно абдоминальным, и метаболическим синдромом (МС), что значительно повышает кардиометаболические риски и отражается на заболеваемости, прогнозе и снижает продолжительность жизни больных [5]. К клиническим состояниям, ассоциированным с НАЖБП, относят сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), преддиабет и диабет 2-го типа, гипотиреоз, желчнокаменная болезнь, хроническая болезнь почек, остеопороз, синдром поликистозных яичников, ревматоидный артрит, гиперурикемия, офтальмологические расстройства и др. [4, 6-10]. Известно, что среди них ССЗ являются самой частой причиной смерти у пациентов с НАЖБП [11, 12].

Рост частоты встречаемости НАЖБП наблюдался в Российской Федерации за период с 2007 по 2014 годы с 27% до 37,3% [13]. Около 25% населения планеты имеют диагноз НАЖБП, в том числе у 6% диагностирован неалкогольный стеатогепатит [9]. Ожирение и избыточный вес, часто наблюдаемые при неалкогольной жировой болезни печени, являющейся одной из самых распространенных форм неинфекционных заболеваний наряду с сердечно-сосудистыми заболеваниями, оказывают значительное влияние на смертность населения, что приводит к негативным экономическим последствиям во многих странах [14-17]. Согласно оценкам, в 2019 г. превышение оптимальных значений индекса массы тела стало причиной 5 миллионов случаев смерти от неинфекционных заболеваний (НИЗ), таких как сердечно-сосудистые заболевания, диабет, рак, неврологические расстройства, хронические респираторные заболевания и расстройства пищеварения [18]. Такие факторы риска, как ожирение и сахарный диабет 2-го типа у пациентов способствуют более частому обнаружению НАЖБП [4].

В научной литературе за последние 2 года встречаются как прежнее название - НАЖБП, так и новое, утвержденное международными организациями (Европейская, Американская, Латино-Американская, Азиатско-Тихоокеанская, Африканско-Ближневосточная, Индийская, Южно-Азиатская и Тайваньская ассоциации по изучению печени) в дельфийском консенсусе, название «метаболически ассоциированная жировая болезнь печени» [19-23]. В 2023 году на конференции Европейской Ассоциации по изучению заболеваний печени была утверждена обновленная номенклатура субкатегорий болезни, которая поможет

точнее отразить реальную ситуацию при заболевании, по сравнению с ранее использовавшимися [20, 24]. Изменение названия было вызвано прежде всего теми взглядами о неалкогольной жировой болезни печени как о печеночной манифестации метаболического синдрома [22, 25]. Представление о метаболическом синдроме, имеющее в своем контексте понимание об инсулинорезистентности, избыточной массе тела, наличие сахарного диабета 2-го типа и двух и более метаболических нарушений, возникающих у пациента и приводящих к кардиометаболическим рискам, помогло переосмыслить процессы, наблюдаемые при неалкогольной жировой болезни печени, вызываемой ксенобиотиками, и исключить роль алкоголя, который обладает синергическим эффектом в качестве определяющего фактора для постановки диагноза [19, 21].

Изменение название обосновано на изменениях в характере диагностики неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП) и метаболически ассоциированной жировой болезни печени (МАЖБП) [6, 21, 22]. Так, диагноз НАЖБП должен основываться на наличии стеатоза печени (критерий включения) и 3 критериев исключения: отсутствие систематического/чрезмерного употребления алкоголя, отсутствие вирусной инфекции/аутоиммунного заболевания/других заболеваний печени [26, 27]. Диагностические критерии НАЖБП охватывают пациентов как с избыточной массой тела и с ожирением, так и без них, а также пациентов, имеющих нарушения метаболизма глюкозы и липидов. Диагноз МАЖБП должен основываться на критериях включения: наличие стеатоза печени, избыточной массы тела или ожирения или сахарного диабета 2-го типа или, наоборот, недостаточности массы тела, а также наличие признаков метаболического синдрома (наличие 2 из 7 критериев включения). При диагностике МАЖБП нет необходимости исключать вирусную инфекцию или аутоиммунное заболевание или другое заболевание печени.

В 2023 г. опубликовано последнее международное заявление по изменению международной номенклатуры НАЖБП, принятое в результате исследования, организованного по принципам экспертной оценки Дельфи [20]. Согласно новой номенклатуре, стеатоз печени любой этиологии обозначен как «стеатозная болезнь печени» и подразделяется на субкатегории по этиологическому принципу. Метаболическая дисфункция, ассоциированная со стеатозной болезнью печени, определяется при наличии морфологических характеристик стеатоза печени и одного из кардиометаболических факторов риска при отсутствии других причин, алкогольной болезни печени и их совмещения (MASLD, MACBP). Наличие стеатогепатита и метаболической дисфункции, ассоциированной со стеатозной

болезнью печени, определяется как метаболически ассоциированный стеатогепатит печени (MASH, МАСП). При совмещении употребления алкоголя и наличии признаков метаболической дисфункции, ассоциированной со стеатозной болезнью печени, наблюдается множество форм (MetALD), характеризующихся по количеству употребляемого алкоголя при еженедельном употреблении алкоголя женщинами от 140 до 350 г (от 20 до 50 г ежедневно), мужчинами от 210 до 420 г (от 30 до 60 г ежедневно) либо как преобладание метаболической дисфункции, ассоциированной со стеатозной болезнью печени, либо как преобладание алкогольной болезни печени соответственно. При наличии ежедневного употребления алкоголя более 50 г у женщин и 60 г у мужчин имеющаяся стеатозная болезнь печени интерпретируется как алкоголь-ассоциированная болезнь печени независимо от наличия взаимосвязи с метаболической дисфункцией и наличием кардиометаболических факторов риска (ALD). Отдельный набор субкатегорий стеатозной болезни печени сформирован по наличию патофизиологических этиологических признаков: болезнь печени, индуцированная лекарствами (DILI), моногенные заболевания (например, лизосомальная недостаточность кислых липаз (LALD), болезнь Вилсона, гипобеталипопротеинемия, врожденные ошибки в метаболизме) и разнообразные патологии (например, вирус гепатита С, недоедание, целиакия, вирус иммунодефицита человека). Отсутствие любого из известных этиологических факторов при наличии стеатоза печени формирует выборку случаев с криптогенной стеатозной болезнью печени. Важность изменения номенклатуры в том, что сложным, но наиболее целенаправленным путем удалось исключить формальное название целого пула нозологий, объединявшихся ранее под «неалкогольной жировой болезнью печени», сформировать направления и ускорить поиск специализированных биомаркеров и лекарственных средств [28]. Подразделение MetALD на субсубкатегории является временной необходимостью и требуется проведение дополнительных исследований для обнаружения специфических биомаркеров и поиска лечения [29]. В связи с изменениями номенклатуры стеатозной болезни печени и ее субкатегорий в комментарии от редакторов журналов Американского общества по изучению печени указано на необходимость строго придерживаться новой терминологии при публикации материалов исследований, полученных у людей, уже с середины 2024 года [30]. Также есть стремление исследователей кодам Международной классификации болезней 10-го пересмотра для НАЖБП и НАСП присвоить МАСБП и МАСП, соответственно, а для вариантов MetALD ввести новые коды и продолжать

дифференцирование субкатегорий для стеатозной болезни печени при использовании исторических данных [31].

В основе принятия решений при первичной диагностике субкатегорий был исключен метод определения инсулинорезистентности с помощью критерия HOMA-IR, поскольку он является сложным, дорогим и выдает высоковариабельные результаты между лабораториями. Однако его можно использовать для уточнения диагноза при полном отсутствии кардиометаболических факторов риска, поскольку инсулинорезистентность, как правило, приводит к развитию таких факторов. Также следует отметить, что ранее исследованные варианты генов *PNPLA3*, *TM6SF2* и *HSD17B13* являются не исследованными по отношению к каждой из субкатегорий и распространены среди населения, что не позволяет оценивать их, как прежде, в качестве генетических факторов риска развития стеатозной болезни печени [20]. Несмотря на столь одиозные объявления, новая категоризация стеатозной болезни печени в литературе и врачебной практике пока не распространена и на данный момент остаются распространенным прежнее название и термин «метаболически ассоциированная жировая болезнь печени».

Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) поражает более 25-30% населения во всем мире и в большинстве случаев ассоциирована с метаболическим синдромом, ожирением, сахарным диабетом 2-го типа и риском развития сердечно-сосудистых заболеваний [9, 32]. Распространенность НАЖБП различается по регионам мира: Азия - 30,47%, Европа - 30,85%, Африка - 28,18%, Южная и Северная Америка - 35,74% и 35,30% (соответственно) [33].

После изменения номенклатуры стеатозной болезни печени в исследовании у 21,6% (44,9 млн человек) населения США была обнаружена метаболическая дисфункция, ассоциированная со стеатозной болезнью печени, и у 8,5% (16,9 млн человек) – форма MetALD с преобладанием компонентов метаболической дисфункции, ассоциированной со стеатозной болезнью печени, а алкогольная болезнь печени и стеатозная болезнь печени с преобладанием алкогольного компонента представлены всего лишь у 3,2% (5,9 млн человек) и 2,6% (5 млн человек) соответственно [34, 35]. В США с 2013 по 2022 годы среди пациентов старше 18 лет без гепатоцеллюлярной карциномы метаболическая дисфункция, ассоциированная со стеатогепатитом (27%, выросла в 1,4 раз), и алкогольная болезнь печени (48%, выросла в 2,1 раз) являлись самыми распространенными причинами для трансплантации печени [36]. При этом число пациентов с гепатоцеллюлярной карциномой, пришедших на трансплантацию печени,

снизилось в 1,5 раза (17%). Среди пациентов с гепатоцеллюлярной карциномой, пришедших на трансплантацию печени, занимают уже не больные хроническим гепатитом С (27%, в 2,2 раза снизилось), а пациенты с метаболической дисфункцией, ассоциированной со стеатогепатитом (31%, увеличилось в 3,1 раза) [там же].

Диагноз НАЖБП устанавливается при накоплении липидов в виде триглицеридов в количестве более 5–10% массы гепатоцитов или при наличии более 5% печеночных клеток, содержащих скопления липидов [3-5, 37-39].

Согласно представлениям последних лет, выделяют 2 основных субтипа НАЖБП с различными прогнозами, основными из которых являются стеатоз и неалкогольный стеатогепатит [3]. Стеатоз – это доброкачественное состояние, при котором отсутствует воспаление, но, согласно последним данным, стеатоз – самостоятельный фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений [там же].

Неалкогольный стеатогепатит является самостоятельной нозологической единицей, при которой, как правило, развивается воспаление и наблюдается повышение активности ферментов печени, развивается фиброз, что характеризует ее как форму болезни, способную прогрессировать в цирроз или гепатоцеллюлярную карциному [40, 41].

Течение НАЖБП подразделяют на одноименные стадии: стеатоз, стеатогепатит, фиброз, цирроз и гепатоцеллюлярную карциному. В России среди больных НАЖБП преобладают следующие стадии: стеатогепатит наблюдается в 18,5-26% случаев, фиброз – в 20-37%, цирроз печени – в 9-10%. [27]. Основная проблема состоит в выделении среди пациентов со стеатозом тех случаев заболевания, которые способны в краткосрочном периоде прогрессировать в сторону осложнений.

В 1980 г. J. Ludwig и соавт. впервые описали гистологические изменения в печени, наблюдающиеся при алкогольном гепатите, у пациентов, отрицавших употребление алкогольных напитков, что послужило формулированию названия болезни [42]. В патогенезе НАЖБП ранее была предложена концепция «двух ударов», имеющая ныне исторический характер [40], согласно которой в процессе развития НАЖБП поначалу происходит накопление триглицеридов в цитоплазме гепатоцитов, затем инициируется нарушение липидного обмена и развиваются инсулинорезистентность и сахарный диабет 2-го типа, что также наблюдается при метаболическом синдроме [43]. Второй удар вызывает воспаление, дегенерацию гепатоцитов и фиброз, которые формируют морфологическую картину стеатогепатита [там же].

В последнее десятилетие этиология и патогенез метаболически ассоциированной жировой болезни печени рассматриваются с точки зрения модели «множественных параллельных ударов» [4, 44]. Предполагается, что развитие заболевания происходит в результате взаимодействия огромного числа компонентов, среди которых преобладающими по силе воздействия являются генетические, средовые и адаптационные факторы, к которым относятся специфические генетические полиморфизмы и эпигенетические модификации, особенности питания, гиподинамия, ожирение, инсулинорезистентность, дисрегуляция продукции адипокинов, липотоксичность, окислительный стресс, дисбиоз кишечной микробиоты [4, 19]. При МАЖБП наблюдается снижение биоразнообразия бактерий, превалируют повышенные титры бактерий *Escherichia sp.* и *Prevotella sp.*, но снижены титры бактерий *Akkermansia muciniphila* и *Faecalibacterium sp.*, имеются предположения, что концентрации желчных кислот, короткоцепочечных жирных кислот, триметиламин-N-оксида и метаболитов триптофана коррелируют с тяжестью развития стеатозной болезни печени, что в комплексе нарушает регуляцию иммунной системы и приводит к расстройству метаболизма [45]. Основным диагностическим критерием МАЖБП является наличие доказанного стеатоза печени в сочетании с одним из следующих критериев: избыточная масса тела/ожирение, наличие сахарного диабета 2-го типа, признаки метаболической дисрегуляции [9, 45]. Все чаще появляются исследования, в которых авторами проверяются гипотезы о наличии биомаркеров в крови, сопряженные с изменениями в печени. Например, концентрация аутотаксина в сыворотке крови может коррелировать с воспалением в тканях печени [46].

Избыточный вес и ожирение являются значительным фактором риска развития многих неинфекционных заболеваний [18]. По данным Всемирной организации здравоохранения (2024), в 2022 году избыточную массу тела имели 2,5 миллиарда взрослых от 18 лет и старше (43% от взрослого населения планеты), из которых 890 миллионов страдали ожирением. Для сравнения в 1990 г. избыточная масса и ожирение наблюдались только у 25% взрослого населения и за 32 года распространенность ожирения в мире увеличилась более чем вдвое [там же]. Если в 1990 г. ожирением страдали только 2% детей и подростков от 5 до 19 лет (31 миллион человек), то к 2022 году этот показатель вырос до 8% (160 миллионов человек) [там же]. Примерно 10-15% случаев МАСБП обнаружены у лиц с низкой массой тела, что подтверждает в совокупности с генетическими, эпигенетическими и метаболическими факторами существование сложного

многофакторного развития болезни, как правило, у таких лиц наиболее худшие прогнозы по сравнению с лицами, имеющими избыточный вес или ожирение [47]. По одному из мнений, основной причиной НАЖБП является избыточное питание, которое вызывает увеличение жировых отложений, а также накопление эктопического жира [48]. В этом случае инфильтрация макрофагами висцеральной жировой ткани создает провоспалительное состояние, которое способствует развитию резистентности к инсулину. Неадекватный липолиз на фоне инсулинорезистентности приводит к устойчиво повышенной доставке жирных кислот в печень, которая наряду с повышенным липогенезом *de novo* подавляет ее метаболическую способность. Нарушение баланса липидного метаболизма приводит к образованию большого количества свободных жирных кислот, обладающих потенциалом токсичности и реализующих метаболические нарушения в органах-мишенях. Это способствует клеточному стрессу (окислительному стрессу и стрессу эндоплазматического ретикулума), активации инфламмосом, апоптозу клеток и последующей стимуляции воспаления, регенерации тканей и фиброгенезу [49]. Воспалительные и профиброгенные макрофаги вовлечены в прогрессирование фиброза печени и способны играть роль в поддержании хронических воспалительных процессов в других тканях [50]. На эти патогенные пути НАЖБП влияет множество метаболических, генетических и связанных с микробиомом факторов, которые до конца не изучены. Существенную роль в патогенезе НАЖБП имеет наследственный компонент (однонуклеотидный полиморфизм в гене PNPLA3 предрасполагает к НАЖБП) с генетическими различиями между отдельными людьми, влияющими на риск развития заболевания в диапазоне 20 – 70% [51].

Для НАЖБП на начальных стадиях (стеатоз, стеатогепатит, фиброз) характерно бессимптомное течение. Жалобы у больных НАЖБП (у 48% и более) отсутствуют или носят неспецифический характер: слабость, утомляемость, дискомфорт в правом подреберье [52]. Наиболее часто данное заболевание обнаруживается при биохимическом и ультразвуковом исследовании органов брюшной полости. Чаще всего пациенты обращаются по поводу артериальной гипертонии, ишемической болезни сердца, сахарного диабета 2-го типа и других коморбидных заболеваний [27]. Поскольку в крупных проспективных исследованиях показана коморбидность НАЖБП с сердечно-сосудистыми заболеваниями и сходство этиологических факторов (ожирение, инсулинорезистентность, гипертония, курение, дисбактериоз) для снижения риска возникновения НАЖБП целесообразно комплексное управление кардиометаболическими факторами риска [53].

Определение наличия и стадии фиброза печени является основным фактором, влияющим на прогноз пациента. Биопсия печени считается «золотым» стандартом определения стадии фиброза и позволяет исключить другие поражения печени. Также к неинвазивным методам диагностики относят транзиентную эластографию (фибросканирование, фиброэластометрия), определяющую эластичность ткани печени (с помощью приборов ФиброСкан или Велакур) [9, 54, 55]. С помощью магнитно-резонансной томографии ранее были определены пороговые значения стеатоза при начальной, умеренной и тяжелой стадии ожирения (отсутствие стеатоза - S0 – не более 5,2%, S1 – от 5,2% до 11,0%, S2 – от 11,0 до 17,1%, S3 – более 17,1% соответственно) [56].

### Список литературы.

1. Younossi Z. M., Golabi P., Paik J. M., Henry A., Van Dongen C., Henry L. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): a systematic review. *Hepatology*. 2023; 77(4):1335-47. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000004.
2. Ивашкин В.Т., Маевская М.В., Павлов Ч.С., Тихонов И.Н., Широкова Е.Н., Буеверов А.О. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению неалкогольной жировой болезни печени Российского общества по изучению печени и Российской гастроэнтерологической ассоциации. *Рос. журн. гастроэнтерол. гепатол. колопроктол.* 2016; 26(2):24-42. DOI: 10.22416/1382-4376-2016-26-2-24-42
3. Маевская М. В., Котовская Ю. В., Ивашкин В. Т., Ткачева О. Н., Трошина Е. А., Шестакова М. В. и др. Национальный Консенсус для врачей по ведению взрослых пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени и ее основными коморбидными состояниями. *Терапевтический архив*. 2022; 94(2) Прил. 1: 216–253. DOI: 10.26442/00403660.2022.02.201363
4. Маев И. В., Андреев Д. Н., Кучерявый Ю. А. Распространенность неалкогольной жировой болезни печени в России: метаанализ. *Consilium Medicum*. 2023; 25(5):313–9. DOI: 10.26442/20751753.2023.5.202155
5. Pavlides M., Mozes F. E., Akhtar S., Wonders K., Cobbold J., Tunnicliffe E. M. Liver Investigation: Testing Marker Utility in Steatohepatitis (LITMUS): Assessment & validation of imaging modality performance across the NAFLD spectrum in a prospectively recruited cohort study (the LITMUS imaging study): Study protocol. *Contemporary Clinical Trials*. 2023; 134:107352. DOI: 10.1016/j.cct.2023.107352
6. Драпкина О.М., Мартынов А.И., Арутюнов Г.П., Бакулин И.Г., Ливзан М.А., Маев И.В., и др. Резолюция Форума экспертов «Новые терапевтические горизонты НАЖБП». *Терапевтический архив*. 2024а; 96(2):186–93. DOI: 10.26442/00403660.2024.02.202648
7. Драпкина О. М., Мазуров В. И., Мартынов А. И., Насонов Е. Л., Сайганов С. А., Ли́ла А. М., и др. Консенсус для врачей по ведению пациентов с бессимптомной гиперурикемией в общетерапевтической практике. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024б; 23(1):3737. DOI:10.15829/1728-8800-2024-3737.

8. Patel R., Nair S., Choudhry H., Jaffry M., Dastjerdi M. Ocular manifestations of liver disease: an important diagnostic aid. *Int Ophthalmol.* 2024; 44:177. DOI: 10.1007/s10792-024-03103-y
9. Bahirwani R., Griffin C. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: A patient-friendly summary of the 2018 AASLD guidelines. *Clinical Liver Disease.* 2022; 19:222–6. DOI: 10.1002/cld.1216
10. Демидова Т. Ю., Ушанова Ф.О. Неалкогольная жировая болезнь печени: аспекты ведения коморбидного пациента. *Терапевтический архив.* 2023; 95(10):888–95. DOI: 10.26442/00403660.2023.10.202435
11. Angulo P., Kleiner D. E., Dam-Larsen S., Adams L. A., Bjornsson E. S., Charatcharoenwitthaya P., et al. Liver fibrosis, but no other histologic features, is associated with long-term outcomes of patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Gastroenterology.* 2015; 149(2): 389-97.e10. DOI: 10.1053/j.gastro.2015.04.043
12. Alon L., Corica B., Raparelli V., Cangemi R., Basili S., Proietti M., et al. Risk of cardiovascular events in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2022; 29(6):938-46. DOI:10.1093/eurjpc/zwab212
13. Ивашкин В.Т., Драпкина О.М., Маев И.В., Трухманов А.С., Блинов Д.В., Пальгова Л.К., и др. Распространенность неалкогольной жировой болезни печени у пациентов амбулаторно-поликлинической практики в Российской Федерации: результаты исследования DIREG 2. *Рос. журн. гастроэнтерол. гепатол. колопроктол.* 2015; 6:31-41.
14. Paik J. M., Golabi P., Biswas R., Alqahtani S., Venkatesan C., Younossi Z. M. Nonalcoholic fatty liver disease and alcoholic liver disease are major drivers of liver mortality in the United States. *Hepatol Commun.* 2020; 4:890-903. DOI: 10.1002/hep4.1510
15. Okunogbe A., Nugent R., Spencer G., Powis J., Ralston J., Wilding J. Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 countries. *BMJ Global Health.* 2022; 7: e009773. DOI:10.1136/bmjgh-2022-009773
16. Драпкина О. М., Концевая А. В., Калинина А. М., Авдеев С. Н., Агальцов М. В., Александрова Л. М., и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2022; 21(4):3235. DOI:10.15829/1728-8800-2022-3235.
17. Всемирная организация здравоохранения. Избыточная масса тела и ожирение. 01.03.2024. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 26.04.2024).
18. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet.* 2020; 396: 1223-49.
19. Маев И. В., Андреев Д. Н., Кучерявый Ю. А. Метаболически ассоциированная жировая болезнь печени – заболевание XXI века. *Consilium Medicum.* 2022; 24(5):325–332. DOI: 10.26442/20751753.2022.5.201532
20. Rinella M. E., Lazarus J. V., Ratziu V., Francque S. M., Sanyal A. J., Kanwal F., et al. A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. *Hepatology.* 2023a; 78:1966–86. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000520

21. Eslam M., Newsome P. N., Sarin S. K., Anstee Q. M., Targher G., Romero-Gomez M., et al. A new definition for metabolic associated fatty liver disease: an international expert consensus statement. *Journal of Hepatology*. 2020a; 73:202-9. DOI: 10.1016/j.jhep.2020.03.039
22. Eslam M., Sanyal A. J., George J. MAFLD: a consensus driven proposed nomenclature for metabolic associated fatty liver disease. *Gastroenterology*. 2020b. 158(7):1999-2014.e1 DOI:10.1053/j.gastro.2019.11.312
23. Yasser F., Waked I., Bollipo S., Gomaa A., Ajlouni Y., Attia D. What's in a name? Renaming 'NAFLD' to 'MAFLD'. *Liver International*. 2020; 40(6):1254-1261. DOI: 10.1111/liv.14478
24. Rotonya M.C. Embracing the principles of practice transfer to get the word out on the new metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease nomenclature. *Hepatology Communications*. 2023; 7:e0275. P.1-3. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000275
25. Matteoni C. A., Younossi Z. M., Gramlich T., Boparai N., Chang Liu Y., Mccullough A. J. Nonalcoholic fatty liver disease: a spectrum of clinical and pathological severity. *Gastroenterology*. 1999; 116:1413-9. DOI: 10.1016/s0016-5085(99)70506-8
26. Chalasani N., Younossi Z., Lavine J. E., Charlton M., Cusi K., Rinella M., et al. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*. 2018; 67(1):328-57. DOI: 10.1002/hep.29367
27. Лазебник Л. Б., Голованова Е. В., Туркина С. В., Райхельсон К. Л., Оковитый С. В., Драпкина О. М., и др. Неалкогольная жировая болезнь печени у взрослых: клиника, диагностика, лечение. Рекомендации для терапевтов, третья версия. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2021; 185(1): 4-52. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-185-1-4-52
28. Rinella M. E., Neuschwander-Tetri B. A., Siddiqui M. S., Abdelmalek M. F., Caldwell S., Barb D., et al. AASLD practice guidance on the clinical assessment and management of nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2023b; 77:1797–835. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000323
29. Kanwal F., Neuschwander-Tetri B. A., Loomba R., Rinella M. E. Metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease: update and impact of new nomenclature on the American Association for the Study of Liver Diseases practice guidance on nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2024; 00:000–000. (Online ahead of print). DOI: 10.1097/HEP.0000000000000670
30. Malhi H., Brown Jr R. S., Lim J. K., Reau N., Tapper E. B., Wong C. C.-L., Gores G. J. Precipitous changes in nomenclature and definitions—NAFLD becomes SLD: Implications for and expectations of AASLD journals. *Hepatology Communications*. 2023; 7:e0318. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000318
31. Hagström H., Adams L. A., Allen A. M., Byrne C. D., Chang Y., Duseja A., et al. The future of International Classification of Diseases coding in steatotic liver disease: An expert panel Delphi consensus statement. *Hepatology Communications*. 2024; 8:e0386. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000386
32. Ильинский И. М., Цирульникова О. М. Неалкогольная жировая болезнь печени – быстро растущее показание к трансплантации печени в современном мире. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2019; 21(3):127-40. DOI: 10.15825/1995-1191-2019-3-127-140

33. Le M. H., Yeo Y. H., Li X., Li J., Zou B., Wu Y., et al. 2019 Global NAFLD Prevalence: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2022; 20: 2809-17. DOI: 10.1016/j.cgh.2021.12.002
34. Younossi Z. M., Koenig A. B., Abdelatif D., Fazel Y., Henry L., Wymer M. Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease-Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. *Hepatology.* 2016; 64 (1): 73–84. DOI: 10.1002/hep.28431
35. Ochoa-Allemant P., Marrero J. A., Serper M. Racial and ethnic differences and the role of unfavorable social determinants of health across steatotic liver disease subtypes in the United States. *Hepatol Commun.* 2023; 7:e0324. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000324
36. Younossi Z. M., Stepanova M., Al Shabeeb R., Eberly K. E., Shah D., Nguyen V., et al. The changing epidemiology of adult liver transplantation in the United States in 2013-2022: The dominance of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease and alcohol-associated liver disease. *Hepatol Commun.* 2024; 8:e0352. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000352
37. Лазебник Л. Б., Радченко В. Г., Голованова Е. В., Звенигородская Л. А., Конев Ю. В., Селиверстов П. В., и др. Неалкогольная жировая болезнь печени: клиника, диагностика, лечение (рекомендации для терапевтов). *Терапия.* 2016; 2(6):6-18.
38. Kleiner D. E., Makhlof H. R. Histology of nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis in adults and children. *Clin Liver Dis.* 2016; 20(2):293-312. DOI: 10.1016/j.cld.2015.10.011
39. Драпкина О. М., Концевая А. В., Калинина А. М., Авдеев С. Н., Агальцов М. В., Алексеева Л. И., и др. Коморбидность пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями в практике врача-терапевта. Евразийское руководство. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2024в; 23(3):3996. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-3996
40. Day C. P., James O. F. Steatohepatitis: a tale of two "hits"? *Gastroenterology.* 1998;114:842-5. DOI: 10.1016/s0016-5085(98)70599-2
41. Byrne C. D., Targher G. NAFLD: A multisystem disease. *J Hepatol.* 2015; 62(1S):S47-S64. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.12.012
42. Ludwig J., Viggiano T. R., McGill D. B., Oh B. J. Nonalcoholic steatohepatitis: Mayo Clinic experiences with a hitherto unnamed disease. *Mayo Clin. Proc.* 1980; 55:434-8. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7382552/> (дата обращения: 26.04.2024).
43. Kaur J. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res. Pract.* 2014; 2014:943162. DOI: 10.1155/2014/943162
44. Tilg H., Moschen A. R. Evolution of inflammation in nonalcoholic fatty liver disease: the multiple parallel hits hypothesis. *Hepatology.* 2010; 52(5):1836-46. DOI: 10.1002/hep.24001
45. Long Q., Luo F., Li B., Li Z., Guo Z., Chen Z., et al. Gut microbiota and metabolic biomarkers in metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. *Hepatol Commun.* 2024; 8:e0310. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000310
46. Iwadare T., Kimura T., Okumura T., Wakabayashi S.-I., Nakajima T., Kondo S., et al. Serum autotaxin is a prognostic indicator of liver-related events in patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Communications Medicine.* 2024; 4:73. DOI: 10.1038/s43856-024-00499-7
47. Sato-Espinoza K., Chotiprasidhi P., Huaman M. R., Díaz-Ferrer J. Update in lean metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. *World J Hepatol.* 2024 March 27; 16(3): 452-64. DOI: 10.4254/wjh.v16.i3.452

48. Канорский С. Г. Неалкогольная жировая болезнь печени: современные подходы к диагностике и лечению. *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2021; 2(3):18-29. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-3-18-29
49. Friedman S. L., Neuschwander-Tetri B. A., Rinella M., Sanyal A. J. Mechanisms of NAFLD development and therapeutic strategies. *Nat Med*. 2018; 24(7):908-22. DOI: 10.1038/s41591-018-0104-9
50. Lefere S., Tacke F. Macrophages in obesity and non-alcoholic fatty liver disease: crosstalk with metabolism. *JHEP Rep*. 2019; 1(1):30. DOI: 10.1016/j.jhepr.2019.02.004
51. Eslam M., George J. Genetic contributions to NAFLD: leveraging shared genetics to uncover systems biology. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2020c; 17(1):40-52. DOI: 10.1038/s41575-019-0212-0
52. Комшилова К.А., Трошина Е.А. Ожирение и неалкогольная жировая болезнь печени: метаболические риски и их коррекция. *Ожирение и метаболизм*. 2015;12(2):35-9. DOI: 10.14341/OMET2015235-39
53. Driessen S., Francque S. M., Anker S. D., Castro Cabezas M., Grobbee D. E., Tushuizen M. E., et al. Metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease and the heart. *Hepatology*. 2024; 1-17. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000735
54. Гончаров А. А., Сасунова А. Н., Пилипенко В. И., Исаков В. А. Использование контролируемого параметра затухания ультразвукового сигнала для диагностики неалкогольной жировой болезни печени. *Терапевтический архив*. 2023; 95(8):641–7. DOI: 10.26442/00403660.2023.08.202348
55. Loomba R., Ramji A., Hassanein T., Yoshida E.M., Pang E., Schneider C., et al. Velacur ACE outperforms FibroScan CAP for diagnosis of MASLD. *Hepatol Commun*. 2024; 8:e0402. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000402
56. Imajo K., Kessoku T., Honda Y., Tomeno W., Ogawa Y., Mawatari H., et al. Magnetic resonance imaging more accurately classifies steatosis and fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver disease than transient elastography. *Gastroenterology*. 2016; 150:626-37.e7.

#### References:

1. Younossi Z. M., Golabi P., Paik J. M., Henry A., Van Dongen C., Henry L. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): a systematic review. *Hepatology*. 2023; 77(4):1335-47. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000004.
2. Ivashkin V.T., Mayevskaya M.V., Pavlov Ch.S., Tikhonov I.N., Shirokova Ye.N., Buyeverov A.O., et al. Diagnostics and treatment of non-alcoholic fatty liver disease: clinical guidelines of the Russian Scientific Liver Society and the Russian gastroenterological association. *Ros. zhurn. gastroenterol. gepatol. koloproktol*. 2016; 26(2):24-42. (In Russ). DOI: 10.22416/1382-4376-2016-26-2-24-42
3. Maevskaya M. V., Kotovskaya Yu. V., Ivashkin V. T., Tkacheva O. N., Troshina E. A., Shestakova M. V., et al. National consensus statement on the management of adult patients with non-alcoholic fatty liver disease and main comorbidities. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2022; 94(2) App. 1:216–253. (In Russ). DOI:10.26442/00403660.2022.02.201363

4. Maev I. V., Andreev D. N., Kucheryavyy Yu. A. Prevalence of non-alcoholic fat disease liver in Russian Federation: meta-analysis. *Consilium Medicum*. 2023; 25(5):313–9. (In Russ). DOI: 10.26442/20751753.2023.5.202155
5. Pavlides M., Mozes F. E., Akhtar S., Wonders K., Cobbold J., Tunnicliffe E. M. Liver Investigation: Testing Marker Utility in Steatohepatitis (LITMUS): Assessment & validation of imaging modality performance across them NAFLD spectrum in a prospectively recruited cohort study (the LITMUS imaging study): Study protocol. *Contemporary Clinical Trials*. 2023; 134:107352. DOI: 10.1016/j.cct.2023.107352
6. Drapkina O.M., Martynov A.I., Arutyunov G.P., Bakulin I.G., Livzan M.A., Maev I.V., et al. Resolution of the Expert Forum "New therapeutic horizons of NAFLD". *Terapevticheskiy arkhiv*. 2024; 96(2):186–93. (In Russ). DOI: 10.26442/00403660.2024.02.202648
7. Drapkina O.M., Mazurov V.I., Martynov A. I., Nasonov E. L., Saiganov S. A., Lila A. M., et al. Consensus statement on the management of patients with asymptomatic hyperuricemia in general medical practice. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2024; 23(1): 3737. (In Russ) DOI:10.15829/1728-8800-2024-3737.
8. Patel R., Nair S., Choudhry H., Jaffry M., Dastjerdi M. Ocular manifestations of liver disease: an important diagnostic aid. *Int Ophthalmol*. 2024; 44:177. DOI: 10.1007/s10792-024-03103-y
9. Bahirwani R., Griffin C. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: A patient-friendly summary of the 2018 AASLD guidelines. *Clinical Liver Disease*. 2022; 19:222–6. DOI: 10.1002/cld.1216
10. Demidova T. Yu., Ushanova F. O. Non-alcoholic fatty liver disease: aspects of management of a comorbid patient. A review. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2023; 95(10):888–95. (In Russ). DOI: 10.26442/00403660.2023.10.202435
11. Angulo P., Kleiner D. E., Dam-Larsen S., Adams L. A., Bjornsson E. S., Charatcharoenwitthaya P., et al. Liver fibrosis, but no other histologic features, is associated with long-term outcomes of patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Gastroenterology*. 2015; 149(2): 389-97.e10. DOI: 10.1053/j.gastro.2015.04.043
12. Alon L., Corica B., Raparelli V., Cangemi R., Basili S., Proiettiet M., et al. Risk of cardiovascular events in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 2022; 29(6):938-46. DOI:10.1093/eurjpc/zwab212
13. Ivashkin V.T., Drapkina O.M., Mayev I.V., Trukhmanov A.S., Blinov D.V., Palgova L.K., et al. Prevalence of non-alcoholic fatty liver disease in out-patients of the Russian Federation: DIREG 2 study results. *Ros. zhurn. gastroenterol. gepatol. koloproktol*. 2015; 6:31-41. (In Russ).
14. Paik J. M., Golabi P., Biswas R., Alqahtani S., Venkatesan C., Younossi Z. M. Nonalcoholic fatty liver disease and alcoholic liver disease are major drivers of liver mortality in the United States. *Hepatol Commun*. 2020; 4:890-903. DOI: 10.1002/hep4.1510
15. Okunogbe A., Nugent R., Spencer G., Powis J., Ralston J., Wilding J. Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 countries. *BMJ Global Health*. 2022; 7: e009773. DOI:10.1136/bmjgh-2022-009773
16. Drapkina O. M., Kontsevaya A. V., Kalinina A. M., Avdeev S. N., Agaltsov M. V., Alexandrova L. M., et al. 2022 Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2022;21(4):3235. (In Russ) DOI:10.15829/1728-8800-2022-3235.

17. World Health Organization. Overweight and obesity. 03/01/2024. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (access date: 04/26/2024).
18. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2020; 396: 1223-49.
19. Maev I. V., Andreev D. N., Kucheryavyi Yu. A. Metabolically associated fatty liver disease – a disease of the 21st century: A review. *Consilium Medicum*. 2022; 24(5):325–32. (In Russ). DOI: 10.26442/20751753.2022.5.201532
20. Rinella M. E., Lazarus J. V., Ratziu V., Francque S. M., Sanyal A. J., Kanwal F., et al. A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. *Hepatology*. 2023a; 78:1966–86. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000520
21. Eslam M., Newsome P. N., Sarin S. K., Anstee Q. M., Targher G., Romero-Gomez M., et al. A new definition for metabolic associated fatty liver disease: an international expert consensus statement. *Journal of Hepatology*. 2020a; 73:202-9. DOI: 10.1016/j.jhep.2020.03.039
22. Eslam M., Sanyal A. J., George J. MAFLD: a consensus driven proposed nomenclature for metabolic associated fatty liver disease. *Gastroenterology*. 2020. 158(7):1999-2014.e1 DOI:10.1053/j.gastro.2019.11.312
23. Yasser F., Waked I., Bollipo S., Gomaa A., Ajlouni Y., Attia D. What's in a name? Renaming 'NAFLD' to 'MAFLD'. *Liver International*. 2020; 40(6):1254-1261. DOI: 10.1111/liv.14478
24. Rotonya M.C. Embracing the principles of practice transfer to get the word out on the new metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease nomenclature. *Hepatology Communications*. 2023; 7:e0275. P.1-3. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000275
25. Matteoni C. A., Younossi Z. M., Gramlich T., Boparai N., Chang Liu Y., Mccullough A. J. Nonalcoholic fatty liver disease: a spectrum of clinical and pathological severity. *Gastroenterology*. 1999; 116:1413-9. DOI: 10.1016/s0016-5085(99)70506-8
26. Chalasani N., Younossi Z., Lavine J. E., Charlton M., Cusi K., Rinella M., et al. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*. 2018; 67(1):328-57. DOI: 10.1002/hep.29367
27. Lazebnik L. B., Golovanova E. V., Turkina S. V., Raikhelson K. L., Okovityy S. V., Drapkina O. M., et al. Non-alcoholic fatty liver disease in adults: clinic, diagnostics, treatment. Guidelines for therapists, third version. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2021;185(1): 4-52. (In Russ) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-185-1-4-52
28. Rinella M. E., Neuschwander-Tetri B. A., Siddiqui M. S., Abdelmalek M. F., Caldwell S., Barb D., et al. AASLD practice guidance on the clinical assessment and management of nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2023b; 77:1797–835. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000323
29. Kanwal F., Neuschwander-Tetri B. A., Loomba R., Rinella M. E. Metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease: update and impact of new nomenclature on the American Association for the Study of Liver Diseases practice guidance on nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2024; 00:000–000. (Online ahead of print). DOI: 10.1097/HEP.0000000000000670
30. Malhi H., Brown Jr R. S., Lim J. K., Reau N., Tapper E. B., Wong C. C.-L., Gores G. J. Precipitous changes in nomenclature and definitions—NAFLD becomes SLD: Implications for and

- expectations of AASLD journals. *Hepatology Communications*. 2023; 7:e0318. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000318
31. Hagström H., Adams L. A., Allen A. M., Byrne C. D., Chang Y., Duseja A., et al. The future of International Classification of Diseases coding in steatotic liver disease: An expert panel Delphi consensus statement. *Hepatology Communications*. 2024; 8:e0386. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000386
  32. Iljisky I. M., Tsurulnikova O. M. Nonalcoholic fatty liver disease is the most rapidly increasing indication for liver transplantation in the modern world. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*. 2019; 21(3):127-40. (In Russ). DOI: 10.15825/1995-1191-2019-3-127-140
  33. Le M. H., Yeo Y. H., Li X., Li J., Zou B., Wu Y., et al. 2019 Global NAFLD Prevalence: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2022; 20: 2809-17. DOI: 10.1016/j.cgh.2021.12.002
  34. Younossi Z. M., Koenig A. B., Abdelatif D., Fazel Y., Henry L., Wymer M. Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease-Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. *Hepatology*. 2016; 64 (1): 73–84. DOI: 10.1002/hep.28431
  35. Ochoa-Allemant P., Marrero J. A., Serper M. Racial and ethnic differences and the role of unfavorable social determinants of health across steatotic liver disease subtypes in the United States. *Hepatol Commun*. 2023; 7:e0324. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000324
  36. Younossi Z. M., Stepanova M., Al Shabeeb R., Eberly K. E., Shah D., Nguyen V., et al. The changing epidemiology of adult liver transplantation in the United States in 2013-2022: The dominance of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease and alcohol-associated liver disease. *Hepatol Commun*. 2024; 8:e0352. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000352
  37. Lazebnik L. B., Radchenko V. G., Golovanova E. V., Zvenigorodskaya L. A., Konev Yu. V., Seliverstov P. V., et al. Nonalcoholic fatty liver disease: clinic, diagnostics, treatment (recommendations for therapists). *Terapiya*. 2016; 2(6):6-18. (In Russ).
  38. Kleiner D. E., Makhlof H. R. Histology of nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis in adults and children. *Clin Liver Dis*. 2016; 20(2):293-312. DOI: 10.1016/j.cld.2015.10.011
  39. Drapkina O.M. (Chairman), Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., Avdeev S.N., Agaltsov M.V., Alekseeva L.I., et al. Comorbidity of patients with noncommunicable diseases in general practice. Eurasian guidelines. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2024; 23(3):3996. (In Russ) DOI: 10.15829/1728-8800-2024-3996
  40. Day C. P., James O. F. Steatohepatitis: a tale of two "hits"? *Gastroenterology*. 1998;114:842-5. DOI: 10.1016/s0016-5085(98)70599-2
  41. Byrne C. D., Targher G. NAFLD: A multisystem disease. *J Hepatol*. 2015; 62(1S):S47-S64. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.12.012
  42. Ludwig J., Viggiano T. R., McGill D. B., Oh B. J. Nonalcoholic steatohepatitis: Mayo Clinic experiences with a hitherto unnamed disease. *Mayo Clin. Proc*. 1980; 55:434-8. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7382552/> (accepted: 26.04.2024).
  43. Kaur J. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res. Pract*. 2014; 2014:943162. DOI: 10.1155/2014/943162
  44. Tilg H., Moschen A. R. Evolution of inflammation in nonalcoholic fatty liver disease: the multiple parallel hits hypothesis. *Hepatology*. 2010; 52(5):1836-46. DOI: 10.1002/hep.24001

45. Long Q., Luo F., Li B., Li Z., Guo Z., Chen Z., et al. Gut microbiota and metabolic biomarkers in metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. *Hepatol Commun.* 2024; 8:e0310. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000310
46. Iwadare T., Kimura T., Okumura T., Wakabayashi S.-I., Nakajima T., Kondo S., et al. Serum autotaxin is a prognostic indicator of liver-related events in patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Communications Medicine.* 2024; 4 :73. DOI: 10.1038/s43856-024-00499-7
47. Sato-Espinoza K., Chotiprasidhi P., Huaman M. R., Díaz-Ferrer J. Update in lean metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. *World J Hepatol.* 2024 March 27; 16(3): 452-64. DOI: 10.4254/wjh.v16.i3.452
48. Kanorskii S. G. Non-alcoholic fatty liver disease: modern approaches to diagnosis and treatment. *South Russian Journal of Therapeutic Practice.* 2021; 2(3):18-29. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-3-18-29
49. Friedman S. L., Neuschwander-Tetri B. A., Rinella M., Sanyal A. J. Mechanisms of NAFLD development and therapeutic strategies. *Nat Med.* 2018; 24(7):908-22. DOI: 10.1038/s41591-018-0104-9
50. Lefere S., Tacke F. Macrophages in obesity and non-alcoholic fatty liver disease: crosstalk with metabolism. *JHEP Rep.* 2019; 1(1):30. DOI: 10.1016/j.jhepr.2019.02.004
51. Eslam M., George J. Genetic contributions to NAFLD: leveraging shared genetics to uncover systems biology. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2020c; 17(1):40-52. DOI: 10.1038/s41575-019-0212-0
52. Komshilova K. A., Troshina. E. A. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: metabolic risks and their correction. *Ozhirenie i metabolizm.* 2015; 12(2):35-9. DOI: 10.14341/OMET2015235-39
53. Driessen S., Francque S. M., Anker S. D., Castro Cabezas M., Grobbee D. E., Tushuizen M. E., et al. Metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease and the heart. *Hepatology.* 2024; 1-17. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000735
54. Goncharov A. A., Sasunova A. N., Pilipenko V. I., Isakov V. A. Use of a controlled attenuation parameter for the diagnosis of non-alcoholic fatty liver disease. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.).* 2023; 95(8):641–7. (In Russian). DOI: 10.26442/00403660.2023.08.202348
55. Loomba R., Ramji A., Hassanein T., Yoshida E.M., Pang E., Schneider C., et al. Velacur ACE outperforms FibroScan CAP for diagnosis of MASLD. *Hepatol Commun.* 2024; 8:e0402. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000402
56. Imajo K., Kessoku T., Honda Y., Tomeno W., Ogawa Y., Mawatari H., et al. Magnetic resonance imaging more accurately classifies steatosis and fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver disease than transient elastography. *Gastroenterology.* 2016; 150:626-37.e7.

Поступила/Received: 14.05.2024

Принята в печать/Accepted: 27.05.2024

УДК 613.96

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗА ЖИЗНИ И САМОЧУВСТВИЯ ПОДРОСТКОВ 15-18 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРОБЛЕМНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Болдырева М.Г., Соколова С.Б.

ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,  
Мытищи, Московская область, Россия

Воздействие социальных сетей на жизнь, здоровье и развитие молодого поколения как в России, так и за рубежом недостаточно изучено.

**Цель** исследования – оценка образа жизни и самочувствия подростков с проблемным и не проблемным использованием социальных сетей.

**Материалы и методы.** Проведен онлайн-опрос 512 подростков 9-11-х классов Московской области в марте 2023 года. Для изучения использования социальных сетей, особенностей жизнедеятельности, социальной поддержки, вредных привычек и самочувствия подростков применялась онлайн-анкета с закрытыми формализованными ответами. Для изучения проблемного использования социальных сетей применялась шкала оценки зависимости от социальных сетей (The Social Media Disorder Scale). Для анализа поддержки со стороны окружающих использовалась многомерная шкала восприятия социальной поддержки и шкала поддержки учителей. Для оценки самочувствия респондентов проводился анализ распространенности жалоб, возникающих у обучающихся один раз в неделю и чаще. Результаты исследования обрабатывались с применением программ StatTech v. 4.0.6 и онлайн-калькуляторов.

**Результаты.** По результатам опроса, количество обучающихся с проблемным использованием социальных сетей составило 47 человек (9,2%). Подростки с проблемным использованием социальных сетей реже имеют высокий уровень восприятия социальной поддержки со стороны близких и учителей, менее удовлетворены своей жизнью, более агрессивны и чаще подвергаются буллингу, курят и употребляют алкоголь. У респондентов, имеющих проблемы с использованием социальных сетей, чаще встречались симптомы, входящие в компьютерный зрительный синдром, такие как головные боли и неприятные ощущения в глазах при работе с электронными средствами, астенические реакции, соматоформная дисфункция желудочно-кишечного тракта, фобии.

**Ключевые слова:** гигиена, подростки, социальные сети, проблемное использование социальных сетей, риски здоровью.

**Для цитирования:** Болдырева М.Г., Соколова С.Б. Особенности образа жизни и самочувствия подростков 15-18 лет Московской области с проблемным использованием социальных сетей. Медицина труда и экология человека. 2024; 2:110-124.

**Для корреспонденции:** Болдырева Мария Георгиевна, Институт комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, младший научный сотрудник, e-mail: Boldyreva.MG@fnscg.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10208>

## THE LIFESTYLE AND WELL-BEING OF THE MOSCOW REGION ADOLESCENTS BETWEEN THE AGES OF 15 and 18 YEARS WITH THE PROBLEMATIC SOCIAL MEDIA USE

**Boldyreva M.G., Sokolova S.B.**

The Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of the Rospotrebnadzor, Mytishchi, Moscow Region,  
Russia

**Introduction.** The impact of social media on the lifestyle, state of health and development of young generation, both in Russia and abroad, still remains a gap in our knowledge.

The aim of the study was to assess the lifestyle and well-being of adolescents both with problematic and not problematic use of social media.

**Material and methods.** An online survey was conducted in March 2023 among 512 adolescents from the Moscow region represented by schoolchildren from 9 to 11th grades. To study the characteristics of lifestyle, perceived social support, the use of social media, harmful habits and well-being of adolescents, an online questionnaire with closed formal answers was used. To investigate the problematic social media use, the Social Media Disorder Scale was applied. Family support and peer support were assessed using a four-item validated scale (The Multidimensional Scale of Perceived Social Support). The assessment of Teachers' support was based on the Teacher Support Scale. To assess the well-being of respondents, the analysis of their common complaints that occurred once a week or more frequently, was carried out.

The data obtained during the study were processed using StatTech v. 4.0.6 and online calculators.

**Results.** According to the survey results, the number of respondents with problematic use of social media amounted to 47 schoolchildren (that equals to 9.2%).

Adolescents with problematic use of social media appeared to have less likely high level of perceived social support from their loved ones and teachers, to be less satisfied with their lives, to be more aggressive and more likely affected to bullying, they smoke and drink alcohol. Among the respondents with problems of using social media, the most common complaints were related to computer visual syndrome, namely: headaches and eye discomfort when working with electronic devices, asthenic reactions, somatoform gastrointestinal dysfunction, phobias.

**Keywords:** hygiene, adolescents, social media, problematic use of social media, risks of health.

**Citation:** Boldyreva M.G., Sokolova S.B. The lifestyle and well-being of the Moscow region adolescents between the ages of 15 and 18 years with the problematic social media use. Occupational health and human ecology. 2024; 2:110-124.

**Correspondence:** Mariya G. Boldyreva, Junior researcher at the Institute of Complex Hygiene Problems of the Erisman Federal Scientific Center of Hygiene» of the Rospotrebnadzor, e-mail: Boldyreva.MG@fncg.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10208>

Последние два десятилетия характеризовались лавинообразным ростом распространенности использования Интернета во всех социальных группах, особенно среди подростков и молодежи. В России за последние 10 лет количество пользователей Интернета увеличилось вдвое: в 2010 году пользовались Интернетом 43% населения, в 2022 году – 85%, это составляет 16% от числа пользователей в Европе, что является самым высоким показателем среди всех европейских стран [1].

Социальные сети стали важной платформой для общения подростков. Все больше научных данных свидетельствует, что чрезмерное использование социальных сетей детьми и подростками может влиять на их социальное и психическое благополучие, способствовать формированию аддиктивного поведения (зависимости) [2-6, 16, 17].

Рост распространенности интернет-зависимости среди подростков и молодежи отмечается во всех странах мира в последние годы [7-9]. Исследования информационной зависимости в настоящее время обязательно должны включать в себя анализ потребляемого контента (зависимость от интернет-игр, зависимость от социальных сетей).

Риски частого и длительного пребывания в социальных сетях для развития интернет-зависимости остаются недостаточно исследованными, авторами используются различные методы скрининга и режимы отсечения, что затрудняет сравнение результатов по всем исследованиям.

Аддиктивные расстройства подвержены прогрессирующему течению, однако профилактические мероприятия, инициированные на ранних стадиях, могут предотвратить формирование зависимости. Поэтому важно выявление групп риска, обусловленных воздействием негативных факторов в повседневной жизни, и своевременное оказание помощи подросткам с неадаптивным стилем сетевого поведения.

Использование социальных сетей может включать в себя два отдельных, но связанных понятия – интенсивное и проблемное использование социальных сетей. Интенсивность указывает на частоту, с которой человек использует социальные сети, тогда как проблемное использование социальных сетей характеризует потерю контроля над использованием социальных сетей и наличие других симптомов, сходных с зависимостью (например, абстиненция, пренебрежение другими видами деятельности), которые сопровождаются нарушениями повседневного функционирования [10]. Таким образом, проблемное использование социальных сетей указывает на потенциально аддиктивное поведение с негативными последствиями, но не является официально признанной зависимостью [11-14]. Распространенность проблемного использования социальных сетей в Европе варьируется от 3,2% (Нидерланды) до 14,2% (Испания) [11]. В России проблемное использование социальных сетей среди 11-летних подростков имеют 9% мальчиков и 6% девочек; среди 13-летних – 7% мальчиков и 7% девочек; среди 15-летних – 7% мальчиков и 8% девочек [15].

Влияние социальных сетей на жизнь, здоровье и развитие подрастающего поколения в России и за рубежом недостаточно исследовано [16-18].

**Целью** исследования было сравнить образ жизни и самочувствие подростков Московской области с проблемным и не проблемным использованием социальных сетей.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели был проведен онлайн-опрос 512 подростков 9-11-х классов Московской области в марте 2023 года. Критерии включения в группу исследования: обучающиеся 9-11-х классов, посещающие общеобразовательные организации, которые дали информированное согласие на участие в исследовании. Критерий исключения из группы - несоответствие критериям отбора. При опросе использована онлайн-анкета с закрытыми формализованными ответами, позволяющими изучить особенности жизнедеятельности, использование социальных сетей, жалобы на состояние здоровья, взаимоотношения с социальным окружением и вредные привычки. Выборка состояла из подростков от 15 до 18 лет (44,1% юношей и 55,9% девушек), которая была разделена на две группы: 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей и 2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей.

Исследования с участием обучающихся выполнены на добровольных условиях, с предоставлением достаточного количества информации, доступной для

понимания, в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2008 г.). Программа исследования одобрена Локальным независимым этическим комитетом ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, протокол № 2 от 15.02.2023.

В исследовании применялась шкала оценки зависимости от социальных сетей (The Social Media Disorder Scale). Шкала оценки зависимости от социальных сетей состоит из 9 вопросов, касающихся поведенческих расстройств, вызванных чрезмерным использованием социальных сетей. На каждый вопрос есть два возможных ответа: «Да» и «Нет». За каждый ответ «Да» начисляется 1 балл. Общая оценка 6 или более баллов указывает на проблемное использование социальных сетей [10].

Для анализа взаимодействия и поддержки со стороны родителей и друзей использовался средний балл многомерной шкалы восприятия социальной поддержки, со стороны учителей – шкала поддержки учителей, измеренные по 5-балльной шкале Лайкерта от 1 – «полностью согласен» до 5 – «категорически не согласен» (Multidimensional Scale of Perceived Social Support, Scale of Teacher support) [15, 19].

Уровень удовлетворенности жизнью измерялся с помощью визуальной шкалы – лестницы «Кантрила» (от 0 – низкая степень удовлетворенности до 10 – высокая степень удовлетворенности).

Для оценки самочувствия респондентов проводился анализ распространенности жалоб, возникающих у обучающихся один раз в неделю и чаще, и определялось число подростков с высокой вероятностью развития синдромов соматических нарушений и расстройств психоневрологического круга с помощью разработанных алгоритмов посиндромного обобщения жалоб [20].

Результаты исследования обрабатывались с применением программ StatTech v. 4.0.6 (разработчик – ООО «Статтех», Россия)<sup>9</sup> и онлайн-калькуляторов (<https://medstatistic.ru/calculators.html>). При описании качественных показателей указывались абсолютные значения и процентные доли. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10). Рассчитывалось отношение шансов и учитывалось значение 95% доверительного интервала; значимость взаимосвязи

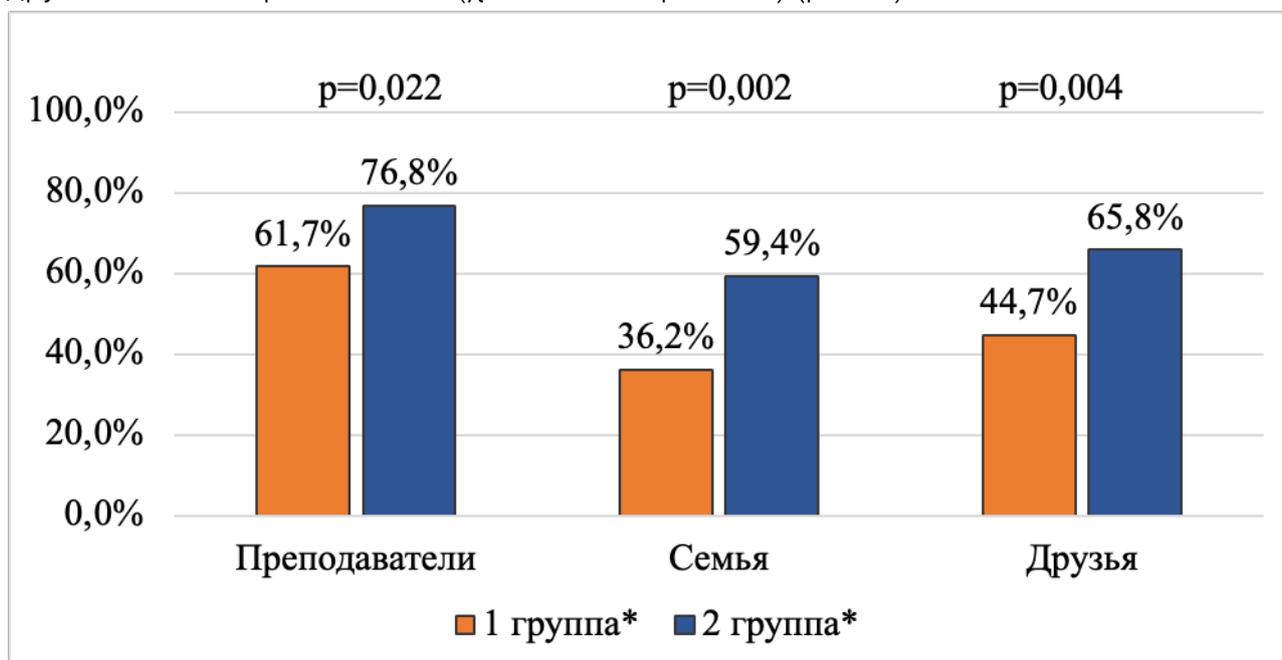
---

<sup>9</sup> <https://stattech.ru/>

исхода и фактора принималась в случае, если нижний и верхний предел доверительного интервала превышал 1.

**Результаты исследования.** По результатам опроса обучающихся, с проблемным использованием социальных сетей было выявлено 47 человек (9,2%; 95% ДИ: 6,9-11,9), с не проблемным использованием социальных сетей – 465 человек (90,8%; 95% ДИ: 87,1-92,3).

Субъективная оценка социального благополучия свидетельствует, что подростки, имеющие проблемное использование социальных сетей, реже имеют высокий уровень поддержки в сравнении с обучающимися с не проблемным использованием социальных сетей: со стороны преподавателей – 61,7% против 76,8% ( $\chi^2=5,2$ ;  $df=1$ ;  $p=0,022$ ), семьи – 36,2% против 59,4% ( $\chi^2=9,4$ ;  $df=1$ ;  $p=0,002$ ) и друзей – 44,7% против 65,8% ( $\chi^2=8,3$ ;  $df=1$ ;  $p=0,004$ ) (рис. 1).



**Рис. 1.** Высокий уровень социальной поддержки со стороны преподавателей, семьи и друзей по шкалам восприятия социальной поддержки, %

**Fig.1.** The high level of social support from teachers, family and friends on social support perception scales, %

**Примечание:** \* 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей; 2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей

**Note:** \* Group 1 – schoolchildren with problematic social media use; Group 2 – schoolchildren without problematic social media use

Респонденты с проблемным использованием социальных сетей ответили, что реже проживают с одним из родителей, чем подростки, которые не имели проблем с использованием социальных сетей: 53,2% и 66,0% ( $\chi^2=3,9$ ;  $df=1$ ;  $p=0,048$ ) против 67,5% и 92,9% ( $\chi^2=35,8$ ;  $df=1$ ;  $p=0,001$ ) (рис. 2).

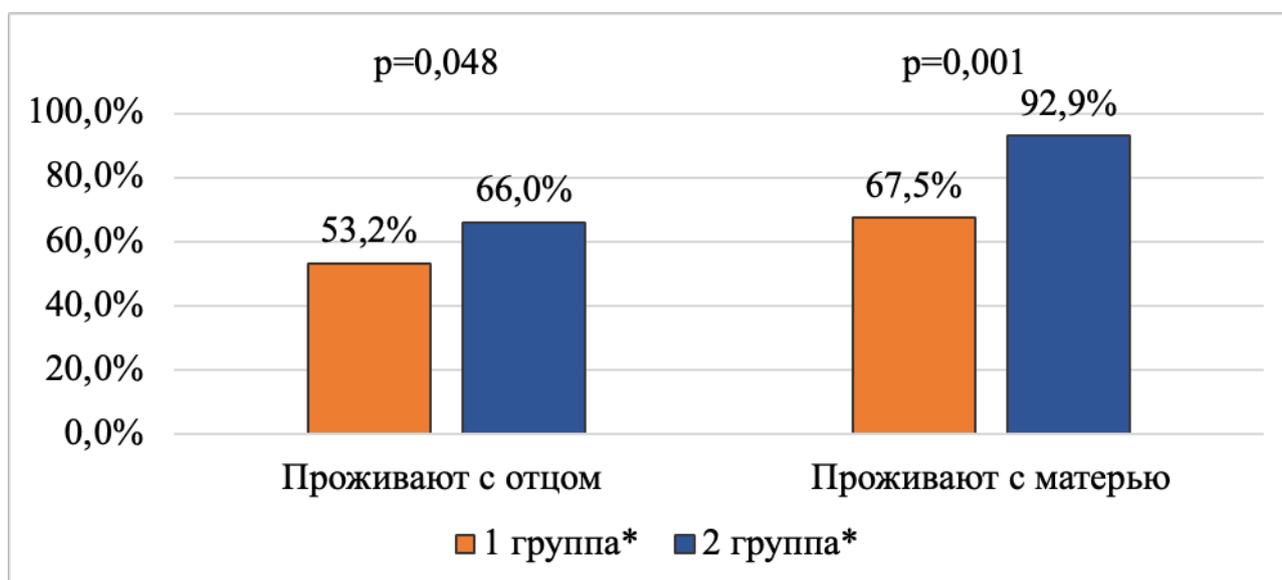


Рис. 2. Доля подростков, проживающих с отцом и матерью, %

Fig. 2. The percentage of adolescents living in a full family, %

Примечание: \* 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей; 2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей

Note: \* Group 1 – schoolchildren with problematic social media use; Group 2 – schoolchildren without problematic social media use

Подросткам в анкетировании предлагалось оценить уровень удовлетворенности жизнью. Каждый третий обучающийся с проблемным использованием социальных сетей не удовлетворен своей жизнью, среди респондентов с не проблемным использованием сетей – каждый пятый: 34,0% против 18,3% ( $\chi^2=6,7$ ;  $df=1$ ;  $p=0,010$ ) (рис. 3).

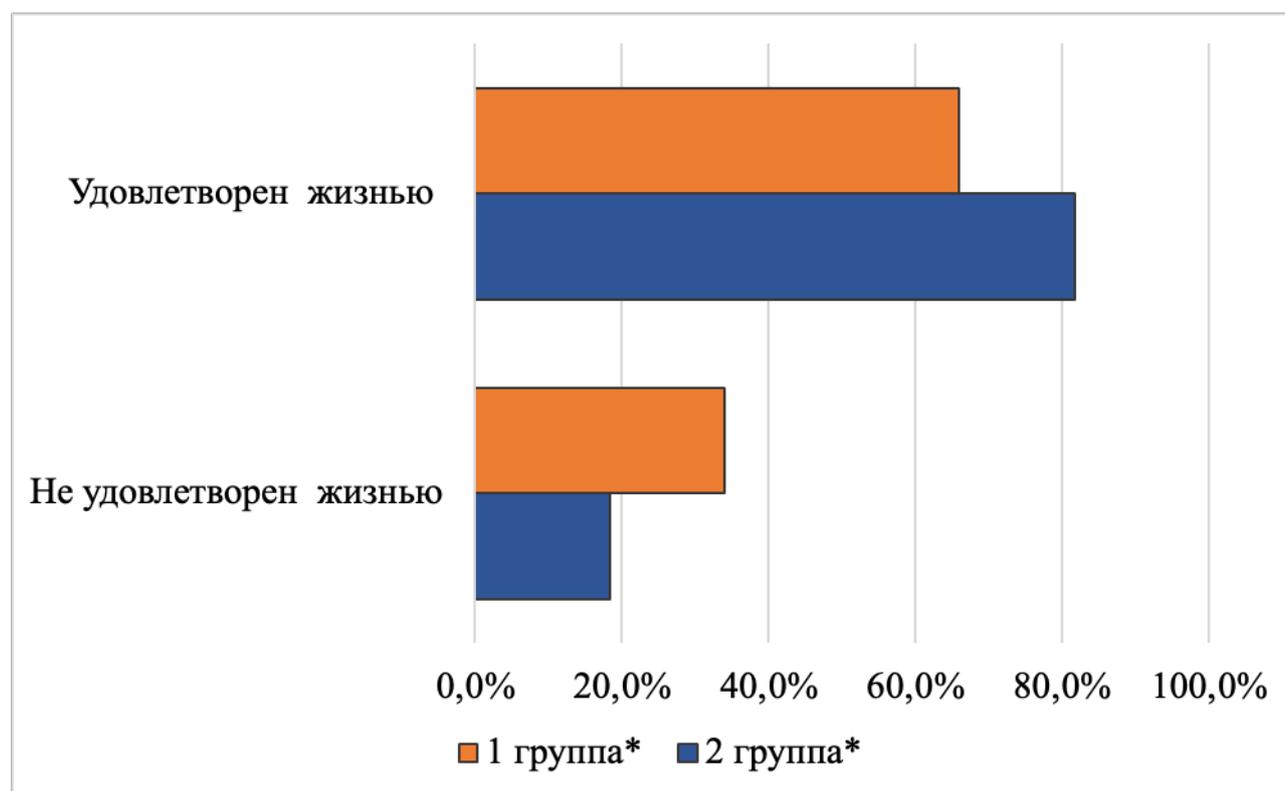


Рис. 3. Удовлетворенность жизнью обучающихся, %

Fig. 3. Life satisfaction of adolescents, %

Примечание: \* 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей; 2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей

Note: \* Group 1 – schoolchildren with problematic social media use; Group 2 – schoolchildren without problematic social media use

При субъективной оценке самочувствия анализ результатов показал, что шансы развития жалоб, которые возникают при работе с электронными средствами у проблемных пользователей социальных сетей выше по сравнению с подростками, не имеющими зависимость от социальных сетей: головные боли – 31,9% против 15,5% ( $p=0,004$ ), чувство «песка» в глазах – 12,8% против 3,2% ( $p=0,002$ ) и двоение в глазах – 14,9% против 2,6% ( $p=0,001$ ). Злоупотребление социальными сетями увеличивает шансы развития астенических реакций – 63,8% против 42,4% ( $p=0,005$ ), соматоформной дисфункции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) – 21,3% против 11,0% и фобий – 44,7% против 16,1% ( $p=0,001$ ) (табл. 1).

**Таблица 1.** Распространенность жалоб на состояние здоровья за последние 12 месяцев, моносимптомных реакций и синдромов подростков<sup>10</sup>,%

**Table 1.** The prevalence of complaints over the past 12 months, monosymptomatic reactions and syndromes of adolescents<sup>2</sup>, %

Жалобы	1 группа*, %	2 группа*, %	Показатели
<b>Жалобы, входящие в компьютерный зрительный синдром, возникающие при работе с электронными средствами</b>			
Головные боли	31,9	15,5	p=0,004 ОШ = 2,6; 95% ДИ: 1,3 - 4,9
Чувство «песка» в глазах	12,8	3,2	p=0,002 ОШ = 4,4; 95% ДИ: 1,6 - 11,9
Двоение в глазах	14,9	2,6	p=0,001 ОШ = 6,6; 95% ДИ: 2,5 - 17,7
<b>Психоневрологические и соматические нарушения здоровья</b>			
Астенические реакции	63,8	42,4	p=0,005 ОШ = 2,4; 95% ДИ: 1,3 - 4,5
Соматоформная дисфункция ЖКТ	21,3	11,0	p=0,038 ОШ = 2,2; 95% ДИ: 1,1 - 4,7
Страхи (темноты/грозы/животных)	44,7	16,1	p=0,001 ОШ = 4,2; 95% ДИ: 2,2 - 7,9

**Примечание:** \* 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей; 2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей

**Note:** \* Group 1 – schoolchildren with problematic social media use; Group 2 – schoolchildren without problematic social media use

<sup>10</sup> предполагаемых на основе совокупности жалоб, возникающих 1 раз в неделю и чаще

Данные научных исследований свидетельствуют о наличии связи между проблемным использованием социальных сетей и киберагрессией у подростков [6, 11, 21-24].

При оценке поведения, опасного для здоровья, подростки, имеющие проблемное использование социальных сетей, статистически значимо чаще участвовали в драках, буллинге/кибербуллинге, чем не имеющие проблем при использовании социальных сетей ( $p=0,001$ ). Распространенность ежедневного употребления крепких алкогольных напитков и курения выше у проблемных пользователей, чем у подростков с отсутствием зависимости от социальных сетей ( $p=0,001$ ) (табл. 2).

**Таблица 2.** Распространенность регулярных драк/буллинга/кибербуллинга, курения и употребления алкоголя среди подростков, %

**Table 2.** The prevalence of regular fights/bullying/cyberbullying, smoking and alcohol consumption among adolescents, %

Поведение, опасное для здоровья	1 группа*, %	2 группа*, %	Показатели
Участие в драках 3-4 раза и более за последние 12 месяцев	12,8%	2,6%	$\chi^2=13,1$ ; $df=1$ ; $p=0,001$
Регулярный буллинг (жертва)	38,3%	9,9%	$\chi^2=31,5$ ; $df=1$ ; $p=0,001$
Регулярный буллинг (источник)	40,4%	5,8%	$\chi^2=62,6$ ; $df=1$ ; $p=0,001$
Регулярный кибербуллинг (жертва)	55,3%	10,3%	$\chi^2=69,9$ ; $df=1$ ; $p=0,001$
Регулярный кибербуллинг (источник)	44,7%	9,5%	$\chi^2=47,8$ ; $df=1$ ; $p=0,001$

Ежедневное курение сигарет	23,4%	7,5%	$\chi^2=21,9; df=4;$ $p=0,001$
Ежедневное употребление крепких алкогольных напитков	14,9%	0,9%	$\chi^2=48,9; df=5;$ $p=0,001$

**Примечание:** \* 1 группа – обучающиеся с проблемным использованием социальных сетей;

2 группа – обучающиеся с не проблемным использованием социальных сетей

**Note:** \* Group 1 – schoolchildren with problematic social media use; Group 2 – schoolchildren without problematic social media use

**Заключение.** Анализ результатов опроса выявил, что подростки с проблемным использованием социальных сетей реже имеют высокий уровень восприятия социальной поддержки со стороны близких и учителей, менее удовлетворены своей жизнью, более агрессивны и чаще подвергаются буллингу, курят и употребляют алкоголь по сравнению с обучающимися с не проблемным использованием социальных сетей. У респондентов, имеющих проблемы с использованием социальных сетей, повышаются шансы развития астенических реакций, соматоформной дисфункции желудочно-кишечного тракта, фобий, при работе с электронными средствами – головных болей и неприятных ощущений в глазах.

Проведенное в Италии исследование показало, что социальная поддержка способна снизить риск чрезмерного использования социальных сетей и киберагрессии. Политика общественного здравоохранения, направленная на повышение поддержки со стороны близких и школы, может помочь защитить психическое здоровье подростков, снижая риск проблемного использования социальных сетей и кибербуллинга [6].

Стремительность появления и распространения интернет-зависимости в подростковой популяции, сочетающаяся с быстрым изменением потребляемого контента, в связи с общедоступностью сети Интернет и появлением новых устройств доступа ставит перед медициной новые вызовы, требующие безотлагательного решения. Аддиктивные расстройства подвержены прогрессирующему течению, однако профилактические мероприятия, инициированные на ранних стадиях, могут предотвратить формирование зависимости. Поэтому выявление групп риска, обоснование и разработка эффективных методов коррекции и профилактики интернет-зависимого поведения у детского, подросткового населения и своевременное оказание помощи

подросткам с неадаптивным стилем сетевого поведения может существенно улучшить медицинский и социальный прогноз в этой категории населения.

### Список литературы:

1. Internet World Stats. Internet User Statistics & 2022 Population for the 53 European countries and regions. URL: <https://www.internetworldstats.com/stats4.htm> (дата обращения: 30.07.2023).
2. Wong S.L., King N., Gariépy G., Michaelson V., Canie O., King M., Craig W., Pickett W. Adolescent social media use and its association with relationships and connections: Canadian Health Behaviour in School-aged Children, 2017/2018. *Health Rep* 2022; 33(12): 14-23. DOI: 10.1016/82-003-x202201200002-eng.
3. Boniel-Nissim M., van den Eijnden R. J., Furstova J., Marino C., Lahti H., Inchley J., et al. International perspectives on social media use among adolescents: Implications for mental and social well-being and substance use. *Computers in Human Behavior* 2021; 129(1): 107144. DOI: 10.1016/j.chb.2021.107144.
4. Бочавер А.А., Докука С.В., Сивак Е.В., Смирнов И.Б. Использование социальных сетей в интернете и депрессивная симптоматика у подростков. *Клиническая и специальная психология* 2019; 8(3): 1-18. DOI: 10.17759/psyclin.2019080301.
5. Sun Y., Zhang Y. A review of theories and models applied in studies of social media addiction and implications for future research. *Addictive Behaviors* 2021; 114: 106699. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106699.
6. Borraccino A., Marengo N., Dalmasso P., Marino C., Ciardullo S., Nardone P., Lemma P. The 2018 HBSC-Italia Group. Problematic Social Media Use and Cyber Aggression in Italian Adolescents: The Remarkable Role of Social Support. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022; 19(15): 9763. DOI: 10.3390/ijerph19159763.
7. UK Addiction Treatment Centres. Internet Addiction – A Growing Problem in the UK. URL: <https://www.ukat.co.uk/blog/society/internet-addiction-growing-problem-uk/> (дата обращения: 23.04.24).
8. Эверт Л.С., Терещенко С.Ю., Зайцева О.И., Семенова Н.Б., Шубина М.В. Интернет-зависимость у подростков Центральной Сибири: анализ распространенности и структура потребляемого контента. *Бюллетень сибирской медицины* 2020; 19(4): 189-197. DOI: 10.20538/1682-0363-2020-4-189-197.
9. Li Y.Y., Sun Y., Meng S.Q., Bao Y.P., Cheng J.L., Chang X.W., et al. Internet Addiction Increases in the General Population During COVID-19: Evidence From China. *Am J Addict*. 2021 Jul; 30(4): 389-397. DOI: 10.1111/ajad.13156.
10. Van den Eijnden R. J. J. M., Lemmens J. S., Valkenburg P. M. The Social Media Disorder Scale. *Computers in Human Behavior* 2016; 61: 478-487. DOI: 10.1016/j.chb.2016.03.038.
11. Boer M., van den Eijnden R.J.J.M., Boniel-Nissim M., Wong SL., Inchley J.C., Badura P., et al. Adolescents' Intense and Problematic Social Media Use and Their Well-Being in 29 Countries. *J Adolesc Health* 2020 Jun; 66(6S): S89-S99. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.02.014.
12. Brailovskaia J., Margraf J. Less sense of control, more anxiety, and addictive social media use: Cohort trends in German university freshmen between 2019 and 2021. *Current Research in Behavioral Sciences* 2023; 4: 100088, DOI: 10.1016/j.crbeha.2022.100088.
13. Kolas J., von Mühlengen A. Addicted to socialising and still lonely: A comparative, corpus-driven analysis of problematic social networking site use. *Journal of Behavioral Addictions* 2024 Feb; 13(1): 163-176. DOI: 10.1556/2006.2023.00061.

14. van Duin C., Heinz A., Willems H. Predictors of Problematic Social Media Use in a Nationally Representative Sample of Adolescents in Luxembourg. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(22): 11878. DOI: 10.3390/ijerph182211878.
15. Inchley J., Currie D., Budisavljevic S., Torsheim T., Jastad A., Cosma A и др. В центре внимания здоровье и благополучие подростков. Результаты исследования «Поведение детей школьного возраста в отношении здоровья» (HBSC) 2017/2018 гг. в Европе и Канаде. Международный отчет. Том 2 Основные данные. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2020. с. 146. ISBN: 978 92 890 5501 7. URL: <https://iris.who.int/handle/10665/333064>.
16. Pew Research Center. Connection, Creativity and Drama: Teen Life on Social Media in 2022. November 16, 2022.  
URL: <https://www.pewresearch.org/internet/2022/11/16/connection-creativity-and-drama-teen-life-on-social-media-in-2022/> (дата обращения: 20.08.23).
17. Boer M., Stevens G. W. J. M., Finkenauer C., Koning I. M., van den Eijnden R. J. J. M. Validation of the Social Media Disorder Scale in Adolescents: Findings From a Large-Scale Nationally Representative Sample. *Assessment* 2022; 29(8): 1658-1675. DOI: 10.1177/10731911211027232.
18. Paakkari L., Tynjala J., Lahti H., Ojala K., Lyyra N. Problematic Social Media Use and Health among Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(4): 1885.
19. Dahlem N.W., Zimet G.D., Walker R.R. The Multidimensional Scale of Perceived Social Support: a confirmation study. *J Clin Psychol.* 1991; 47(6): 756-61. DOI: 10.1002/1097-4679(199111)47:6<756::aid-jclp2270470605>3.0.co;2-I.
20. Кучма В.Р., Седова А.С., Степанова М.И., Рапопорт И.К., Поленова М.А., Соколова С.Б. и др. Особенности жизнедеятельности и самочувствия детей и подростков, дистанционно обучающихся во время эпидемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья* 2020; 2: 4-23.
21. Viner R.M., Gireesh A., Stiglic N., Hudson L.D., Goddings A.L., Ward J.L., Nicholls D.E. Roles of Cyberbullying, Sleep, and Physical Activity in Mediating the Effects of Social Media Use on Mental Health and Wellbeing among Young People in England: A Secondary Analysis of Longitudinal Data. *Lancet Child Adolesc. Health* 2019; 3: 685–696.
22. Marino C., Lenzi M., Canale N., Pierannunzio D., Dalmasso P., Borraccino A., et al. The 2018 HBSC-Italia Group. Problematic Social Media Use: Associations with Health Complaints among Adolescents. *Ann. Ist. Super. Sanità* 2020; 53(4): 514-521. DOI:10.4415/ANN\_20\_04\_16
23. Brochado S., Soares S., Fraga S. A Scoping Review on Studies of Cyberbullying Prevalence Among Adolescents. *Trauma Violence Abuse* 2017 Dec; 18(5): 523-531. DOI: 10.1177/1524838016641668.
24. Craig W., Boniel-Nissim M., King N., Walsh S. D., Boer M., Donnelly P. D., et al. Social Media Use and Cyber-Bullying: A Cross-National Analysis of Young People in 42 Countries. *Journal of Adolescent Health* 2020; 66(6): S100-S108. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.03.006.

## References:

1. Internet World Stats. Internet User Statistics & 2022 Population for the 53 European countries and regions. URL: <https://www.internetworldstats.com/stats4.htm> (accessed on July 30, 2023).
2. Wong S.L., King N., Gariépy G., Michaelson V., Canie O., King M., Craig W., Pickett W. Adolescent social media use and its association with relationships and connections: Canadian Health Behaviour in School-aged Children, 2017/2018. *Health Rep* 2022; 33(12): 14-23. DOI: 1010.25318/82-003-x202201200002-eng.
3. Boniel-Nissim M., van den Eijnden R. J., Furstova J., Marino C., Lahti H., Inchley J., et al. International perspectives on social media use among adolescents: Implications for mental and social well-being and substance use. *Computers in Human Behavior* 2021; 129(1): 107144. DOI: 10.1016/j.chb.2021.107144.

4. Bochaver A.A., Dokuka S.V., Sivak E.V., Smirnov I.B. Internet Use and Depressive Symptoms in Adolescents: a Review. *Klinicheskaya i special'naya psihologiya*. 2019; 8(3): 1-18. DOI: 10.17759/psychclin.2019080301. (In Russ).
5. Sun Y., Zhang Y. A review of theories and models applied in studies of social media addiction and implications for future research. *Addictive Behaviors* 2021; 114: 106699. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106699.
6. Borraccino A., Marengo N., Dalmasso P., Marino C., Ciardullo S., Nardone P., Lemma P. The 2018 HBSC-Italia Group. Problematic Social Media Use and Cyber Aggression in Italian Adolescents: The Remarkable Role of Social Support. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022; 19(15): 9763. DOI: 10.3390/ijerph19159763.
7. UK Addiction Treatment Centres. Internet Addiction – A Growing Problem in the UK. URL: <https://www.ukat.co.uk/blog/society/internet-addiction-growing-problem-uk/> (accessed on April 23, 2024).
8. Evert L.S., Tereshchenko S.Yu., Zaitseva O.I., Semenova N.B., Shubina M.V. Internet addiction in adolescents in Central Siberia: analysis of prevalence and structure of consumed content. *Byulleten' sibirskoj mediciny*. 2020;19(4):189-197. DOI: 10.20538/1682-0363-2020-4-189-197. (In Russ).
9. Li Y.Y., Sun Y., Meng S.Q., Bao Y.P., Cheng J.L., Chang X.W., et al. Internet Addiction Increases in the General Population During COVID-19: Evidence From China. *Am J Addict*. 2021 Jul; 30(4): 389-397. DOI: 10.1111/ajad.13156.
10. Van den Eijnden R. J. J. M., Lemmens J. S., Valkenburg P. M. The Social Media Disorder Scale. *Computers in Human Behavior* 2016; 61: 478-487. DOI: 10.1016/j.chb.2016.03.038.
11. Boer M., van den Eijnden R.J.J.M., Boniel-Nissim M., Wong S.L., Inchley J.C., Badura P., et al. Adolescents' Intense and Problematic Social Media Use and Their Well-Being in 29 Countries. *J Adolesc Health* 2020 Jun; 66(6S): S89-S99. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.02.014.
12. Brailovskaia J., Margraf J. Less sense of control, more anxiety, and addictive social media use: Cohort trends in German university freshmen between 2019 and 2021. *Current Research in Behavioral Sciences* 2023; 4: 100088, DOI: 10.1016/j.crbeha.2022.100088.
13. Kolas J., von Mühlengen A. Addicted to socialising and still lonely: A comparative, corpus-driven analysis of problematic social networking site use. *Journal of Behavioral Addictions* 2024 Feb; 13(1): 163-176. DOI: 10.1556/2006.2023.00061.
14. van Duin C., Heinz A., Willems H. Predictors of Problematic Social Media Use in a Nationally Representative Sample of Adolescents in Luxembourg. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(22): 11878. DOI: 10.3390/ijerph182211878.
15. Inchley J., Currie D., Budisavljevic S., Torsheim T., Jåstad A., Cosma A., et al. Spotlight on adolescent health and well-being. Findings from the 2017/2018 Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) survey in Europe and Canada. International report. Volume 2. Key data. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2020. ISBN: 978 92 890 5501 7.
16. Pew Research Center. Connection, Creativity and Drama: Teen Life on Social Media in 2022. November 16, 2022. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/2022/11/16/connection-creativity-and-drama-teen-life-on-social-media-in-2022/> (accessed on August 23, 2023).
17. Boer M., Stevens G. W. J. M., Finkenauer C., Koning I. M., van den Eijnden R. J. J. M. Validation of the Social Media Disorder Scale in Adolescents: Findings From a Large-Scale Nationally Representative Sample. *Assessment* 2022; 29(8): 1658-1675. DOI: 10.1177/10731911211027232.
18. Paakkari L., Tynjala J., Lahti H., Ojala K., Lyyra N. Problematic Social Media Use and Health among Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(4): 1885.
19. Dahlem N.W., Zimet G.D., Walker R.R. The Multidimensional Scale of Perceived Social Support: a confirmation study. *J Clin Psychol*. 1991; 47(6): 756-61. DOI: 10.1002/1097-4679(199111)47:6<756::aid-jclp2270470605>3.0.co;2-l.

20. Kuchma V.R., Sedova A.S., Stepanova M.I., Rapoport I.K., Polenova M.A., Sokolova S.B., et al. Life and wellbeing of children and adolescents studying remotely during the epidemic of a new coronavirus infection (covid-19). *Voprosy shkol'noj i universitetskoj mediciny i zdorov'ya*. 2020; 2: 4-23. (In Russ).
21. Viner R.M., Gireesh A., Stiglic N., Hudson L.D., Goddings A.L., Ward J.L., Nicholls D.E. Roles of Cyberbullying, Sleep, and Physical Activity in Mediating the Effects of Social Media Use on Mental Health and Wellbeing among Young People in England: A Secondary Analysis of Longitudinal Data. *Lancet Child Adolesc. Health* 2019; 3: 685–696.
22. Marino C., Lenzi M., Canale N., Pierannunzio D., Dalmasso P., Borraccino A., et al. The 2018 HBSC-Italia Group. Problematic Social Media Use: Associations with Health Complaints among Adolescents. *Ann. Ist. Super. Sanità* 2020; 53(4): 514-521. DOI:10.4415/ANN\_20\_04\_16
23. Brochado S., Soares S., Fraga S. A Scoping Review on Studies of Cyberbullying Prevalence Among Adolescents. *Trauma Violence Abuse* 2017 Dec; 18(5): 523-531. DOI: 10.1177/1524838016641668.
24. Craig W., Boniel-Nissim M., King N., Walsh S. D., Boer M., Donnelly P. D., et al. Social Media Use and Cyber-Bullying: A Cross-National Analysis of Young People in 42 Countries. *Journal of Adolescent Health* 2020; 66(6): S100-S108. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.03.006.

Поступила/Received: 16.04.2024

Принята в печать/Accepted: 13.05.2024

УДК: 614.442:578.834.1

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ COVID-19 (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Зелинская М.Ю., Краскевич Д.А., Кудряшов И.А., Лезинова А.И.

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

Систематизация опыта в области организации профилактических мероприятий, проводимых органами управления здравоохранения в различных странах во время пандемии инфекции, вызванной новым коронавирусом SARS-CoV-2 (COVID-19), необходима в целях разработки научного подхода к профилактике пандемических заболеваний и может являться основой для выработки национальных стратегий противодействия инфекционным угрозам.

**Цель** настоящего исследования – анализ данных научной литературы по эффективности комплекса организационных и противоэпидемических мероприятий в различных странах в период развития пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19.

**Материалы и методы.** Проанализированы результаты исследований, опубликованные за период 2019-2023 гг., по базам данных Scopus, Web of Science, РИНЦ по ключевым словам: пандемия, эпидемия, COVID-19, оценка риска, маски, перчатки, система здравоохранения, образ жизни, самоизоляция.

**Результаты.** Оперативное принятие решений и их своевременное исполнение при организации мероприятий по противодействию COVID-19 во многом зависит от координированной работы органов здравоохранения на всех уровнях. Эффективно зарекомендовали себя ограничительные мероприятия, включая карантин, обсервацию и самоизоляцию. Однако социальная изоляция является независимым фактором риска неблагоприятных последствий для психического здоровья. Использование методологии оценки риска в различных отраслях экономики показывает ее практическую значимость при управлении рисками в условиях пандемии. Наиболее значимыми факторами риска заражения COVID-19 являются отказ от ношения лицевых масок при посещении социальных объектов, поездках на общественном транспорте; несоблюдение социального дистанцирования; длительное нахождение в общественных местах и на объектах транспорта. К важным мерам профилактики относится использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и рук. Наиболее эффективными являются респираторы. Установлена низкая эффективность различных масок немедицинского назначения и лицевых щитков. Многие исследователи сообщают о неблагоприятных реакциях, связанных с длительным ношением средств индивидуальной защиты.

**Выводы.** Выполнение всех необходимых профилактических и противоэпидемических мер с учетом накопленного опыта остается актуальным

для успешной борьбы с пандемическими заболеваниями с аэрозольным механизмом передачи.

**Ключевые слова:** COVID-19, пандемия, эпидемии, организация здравоохранения, организационные, противоэпидемические мероприятия, анализ научных данных, риск здоровью, маски, перчатки.

**Для цитирования:** Зелинская М.Ю., Краскевич Д.А., Кудряшов И.А., Лезинова А.И. Организационные и противоэпидемические мероприятия по противодействию COVID-19 (литературный обзор). Медицина труда и экология человека. 2024; 2:125-144.

**Для корреспонденции:** Зелинская Марина Юрьевна, ассистент кафедры общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана Сеченовского Университета; e-mail: zelinskaya\_m\_yu@staff.sechenov.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10209>

## ORGANIZATIONAL AND ANTI-EPIDEMIC MEASURES TO COUNTER COVID-19 (LITERATURE REVIEW)

Zelinskaya M.Yu., Kraskevich D.A., Kudryashov I.A., Lezinova A.I.

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Russian Health Ministry, Moscow, Russia

**Introduction.** Systematization of experience in the organization of preventive measures carried out by health authorities in various countries during a pandemic of infection caused by the new coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19) is necessary in order to develop a scientific approach to the prevention of pandemic diseases and can be the basis for the development of national strategies to counter infectious threats. The purpose of this study is to analyze scientific literature data on the effectiveness of a set of organizational and anti-epidemic measures in various countries during the development of the new coronavirus infection COVID-19 pandemic.

**Material and methods.** The results of studies published between 2019 and 2023 were analyzed according to Scopus, Web of Science, RSCI databases using keywords: pandemic, epidemic, COVID-19, risk assessment, masks, gloves, healthcare system, lifestyle, self-isolation.

**Results.** The coordinated work of health authorities at all levels largely depends on the prompt decision-making and their timely execution when organizing measures to counter COVID-19. Restrictive measures, including quarantine, observation and self-isolation, have proven effective. However, social isolation is an independent risk factor for adverse mental health outcomes. The use of risk assessment methodology in various sectors of the economy shows its practical significance in managing risks during a pandemic. The most significant risk factors for contracting COVID-19 are refusal to wear face masks

when visiting social facilities or traveling on public transport; failure to maintain social distancing; prolonged stay in public places and transport facilities. Important preventive measures include the use of personal protective equipment for the respiratory system and hands. Respirators are the most effective. Various non-medical masks and face shields have been found to be ineffective. Many researchers have reported adverse reactions associated with prolonged wearing of personal protective equipment.

**Conclusions.** The implementation of all necessary preventive and anti-epidemic measures, taking into account the accumulated experience, remains relevant for the successful fight against pandemic diseases with an aerosol transmission mechanism.

**Keywords:** COVID-19, pandemic, epidemics, healthcare organization, organizational, anti-epidemic measures, scientific data analysis, health risks, masks, gloves.

**Citation:** Zelinskaya M.Yu., Kraskevich D.A., Kudryashov I.A., Lezinova A.I. Organizational and anti-epidemic measures to counter covid-19 (literature review). Occupational health and human ecology. 2024; 2:125-144.

**Correspondence:** Marina Yu. Zelinskaya, assistant at the Department of General Hygiene of the F.F. Erisman Institute of Public Health of the Sechenov University; e-mail: zelinskaya\_m\_yu@staff.sechenov.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10209>

С конца 2019 года большинство стран мира оказалось перед лицом биологической угрозы в виде инфекции, вызванной новым коронавирусом SARS-CoV-2 COVID-19<sup>11</sup>, с рядом клинических проявлений – от легких форм острой респираторной инфекции до тяжелого острого респираторного синдрома (ТОРС), уровень летальности от которого составляет около 10% и значительно варьирует в зависимости от возраста, колеблясь от < 1% у людей 24 лет и младше до > 50% у лиц старше 65 лет [1].

Статистические и медицинские данные о COVID-19 накапливаются одновременно с данными о влиянии пандемии на системы общественного здравоохранения стран, экономические и социальные последствия на региональном, государственном и международном уровнях. Оптимизация комплекса мероприятий, направленных на исключение риска возникновения и распространения заболеваний, которые могут вызывать чрезвычайные ситуации в области общественного здравоохранения,

---

<sup>11</sup> Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 18 (26.10.2023). Министерство здравоохранения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0\\_COVID-19\\_V18.pdf](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V18.pdf) (дата обращения 09.05.2024).

возможна с учетом накопленного опыта реагирования на пандемию новой коронавирусной инфекции COVID-19.

**Цель** настоящего исследования – анализ данных научной литературы по эффективности комплекса организационных и противоэпидемических мероприятий в различных странах в период развития пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19.

**Материалы и методы.** Были проанализированы результаты научных исследований, опубликованные за 2019-2023 гг., по базам данных Scopus, Web of Science, РИНЦ, по ключевым словам: пандемия, эпидемия, COVID-19, оценка риска, маски, перчатки, система здравоохранения, образ жизни, самоизоляция.

**Результаты.** С появлением COVID-19 стало очевидно – эпидемии и пандемии будут угрожать мировому сообществу, что обуславливает необходимость изучения патогенеза, особенностей эпидемического процесса, а также поиска потенциальных мишеней для лекарств, которые будут способствовать разработке эффективных стратегий профилактики и лечения не только COVID-19, но и других инфекций [2].

В работе Stephen S. с соавторами изучены стратегии реализации борьбы с пандемией COVID-19 во Франции, Великобритании, Испании, Италии, Германии и России. Анализ показал, что возможно существенно снизить уровень летальности при оперативном принятии решений и их своевременном исполнении. Важная роль отводится координации работы между местными органами здравоохранения. Авторы указали на то, что наиболее сильно пострадали страны, которые отложили свои ответные меры на пандемию, задержав отслеживание контактов, тестирование, карантин и изоляцию [3].

В публикации исследователей из Индии Gauttam P. с соавторами изучена организация работы медицинских учреждений по борьбе с COVID-19, который стал серьезным дополнительным бременем для перегруженной инфраструктуры здравоохранения страны. Частная система здравоохранения не явилась надежной и эффективной в период пандемии. Для подготовки страны к подобным чрезвычайным ситуациям в области здравоохранения необходимо расширение системы общественного здравоохранения и увеличение расходов на него [4].

Как показывает опыт организации противодействия распространения COVID-19, необходимые меры принимались на глобальном, национальном и местном уровнях. На глобальном уровне готовились рекомендации ВОЗ, но эти документы носили только рекомендательный характер. На национальном уровне принимались обязательные меры ограничительного характера по передвижению

транспорта и пассажиров (прекращение авиационного, железнодорожного и автомобильного сообщений), ограничению перемещения граждан в пределах городов (комендантский час, локдаун), перевод работников на удаленный вид работы, соблюдение социальной дистанции, обязательное ношение масок и перчаток населением в общественных местах [5]. Как считают Alanzi T. с соавторами, Российская Федерация одна из первых стран мира, которая приняла профилактические меры по противодействию COVID-19 [6]. В самом начале пандемии некоторые страны, например, Южная Корея, ввели запрет на поездки только в Китай, в то время как другие, такие как Россия, запретили все международные рейсы, особенно в страны с высоким уровнем инфицирования населения [7].

Как считают Ranabhat S.L. с соавторами, система здравоохранения должна рассматриваться в неразрывной связи двух компонентов: кадрового и аппаратного (технического) обеспечения. Наращивание потенциала здравоохранения, улучшение финансирования, его государственный характер являлись залогом для успешного противодействия пандемии. Восстановление работы медицинских организаций после нее напрямую характеризует устойчивость системы и связано с адаптацией и трансформацией на фоне региональных особенностей [8].

Одним из наиболее актуальных вопросов общественного здоровья на ближайшие годы станет подготовка систем здравоохранения к оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации или возникновение эпидемий инфекционных заболеваний. Важность этой проблемы определяется не только причинением вреда здоровью населения, но и последующим за этим экономическим ущербом. Отечественными исследователями предложены меры по организационным аспектам противодействия биологическим угрозам на примере COVID-19 [9, 10].

Подготовленность органов государственного управления влияет на способность общественного здравоохранения, сети медицинских организаций выявлять вспышки, сообщать о них и принимать меры реагирования с целью снижения воздействия на здоровье населения, общество и экономику [11].

Пандемия COVID-19 затронула многие аспекты повседневной жизни людей. Ее особенностью стало введение во всем мире ограничительных мероприятий, включая карантин, обсервацию и самоизоляцию.

Исследование последствий изоляции при пандемии COVID-19 показало, что такие стрессоры, как длительный карантин, боязнь заражения, разочарование, скука, отсутствие доступа к адекватной информации и финансовые проблемы,

приводили к появлению долговременных симптомов посттравматического стресса и депрессии [12]. В обзорах [13-15] выявлено, что социальная изоляция влияла на психическое здоровье пожилых людей, увеличивая риск депрессии, тревоги, нарушений сна, расстройств реакции на стресс. Было обнаружено, что карантин или изоляция являются независимым фактором риска неблагоприятных последствий для психического здоровья. Люди, находящиеся в изоляции, подвержены большему риску увеличения употребления алкоголя [16].

Внутрижилищная среда является одним из основных факторов, определяющих здоровье человека, а пандемия COVID-19 еще раз подчеркнула актуальность изучения условий проживания [17].

В работе Reshetnikov V. с соавторами показано, что качество внутрижилищной среды, включая вентиляцию, воздухообмен и другие параметры, может влиять на развитие неинфекционной патологии [18].

Кроме психогигиенических аспектов, самоизоляция также оказывает влияние на образ жизни, двигательную активность и характер питания населения. В исследованиях Тутельяна В.А. с соавторами предложены меры профилактики передачи COVID-19 через пищевую продукцию [19].

В других публикациях российских ученых на основании существующей в России системы санитарно-эпидемиологического нормирования предложена комплексная гигиеническая оценка самоизоляции граждан в домашних условиях. В основе разработанной балльной оценки риска развития неинфекционных заболеваний при самоизоляции лежит оценка двигательной активности, характера питания, отдыха, а также условий труда в дистанционном формате [20].

При разработке профилактических мер по снижению распространения COVID-19 использование методологии оценки риска в различных отраслях экономики показывает ее практическую значимость [21-24].

Идентификация опасностей тесно связана с оценкой зависимости «доза-реакция». Оценка риска в зависимости от дозы – это количественный показатель, который может установить взаимосвязь между дозой инфицирования (концентрацией) и заболеваемостью среди инфицированного населения [25].

Риск заражения коронавирусной инфекцией можно оценить в зависимости от дозы: чем выше концентрация возбудителя (вирусных частиц), тем выше инфекционный риск заражения коронавирусной инфекцией. Соответственно, при оценке зависимости «доза-реакция» приоритетными являются результаты эпидемиологических и клинических исследований [26].

На основе методологии оценки риска предложена методология управления развития эпидемического процесса в условиях пандемии COVID-19 [27].

В работе Abbas B. с соавторами проведена оценка риска инфицирования COVID-19 врачей стоматологического профиля по сумме баллов ряда критериев, таких как концентрация аэрозоля, площадь помещения, время контакта стоматолога с пациентом [28]. Выявлено, что наиболее высокий риск передачи SARS-CoV-2 при проведении стоматологических процедур характерен для оперативной, педиатрической стоматологии, а также пародонтологии.

В публикации российских исследователей также предложена балльная оценка риска заражения COVID-19 на основании социально-гигиенических показателей. Наиболее значимыми факторами риска установлены следующие показатели: ношение лицевых масок при посещении социальных объектов, поездках на общественном транспорте, соблюдение социального дистанцирования, длительное нахождение в общественных местах и на объектах транспорта и др. [29, 30]. В результате предложена балльная оценка категорий риска заражения COVID-19 [31].

К важным мерам профилактики можно отнести использование средств индивидуальной защиты органов дыхания [32]. Как сообщается в публикации российских исследователей, большинство опрошенных респондентов (96,4%) использовали средства защиты органов дыхания (СЗОД) во время пандемии [33]. В других странах мира значительная часть населения также носила СЗОД: в Китае лицевые маски носили 98,0% опрошенных [34], в Индии – 73% [35], на Филиппинах – 90% [36]. В связи с тем, что распространение COVID-19 осуществляется преимущественно воздушно-капельным путем, применение респираторов, масок для лица, а также лицевых щитков является эффективной профилактической мерой [37]. Индивидуальные меры профилактики распространения вируса могут привести к значительному уменьшению его распространения среди популяции. В исследовании Talic S. с соавт. представлена информация о том, что использование лицевых масок снижает заболеваемость COVID-19 на 53%. Эта профилактическая мера может применяться как изолированно, так и во взаимодействии с другими мерами неспецифической профилактики [38]. По результатам анализа Saavedra-Delgado M.E. с соавторами, основанного на данных из 129 стран, использование масок населением снижает смертность от COVID-19 на 44,3% [39].

Анализ эффективности СЗОД как меры снижения риска нарушения здоровья во время пандемии COVID-19 проведен и отечественными исследователями [40]. Принимая во внимание переменные и множественные свойства различных масок,

авторами предложена классификация средств индивидуальной защиты на основе их эффективности в отношении защиты от респираторных инфекций. Респираторы FFP3/KN100/N99/N100 являются наиболее эффективными. Респираторы FFP2/KN95/N95/DS/DL2/KF94 имеют среднюю эффективность. Респираторы FFP1, маски медицинские нетканые типов II R, II, I, а тканые марлевые маски имеют эффективность ниже средней. Установлена соответственно низкая и крайне низкая эффективность различных масок немедицинского назначения (нетканых, тканых хлопчатобумажных и синтетических) и лицевых щитков.

В работе исследователей из Японии Park A.M. и др. были идентифицированы и количественно определены бактерии и грибы, растущие на масках. Авторами было установлено, что количество бактериальных колоний было больше на лицевой стороне маски, чем на внешней. Длительное использование масок увеличивало количество колоний грибков, но не количество бактериальных колоний [41].

Оценка бактериальной фильтрации и воздушной проницаемости масок, наиболее часто использовавшихся населением во время пандемии COVID-19, показала, что по сочетанию изученных характеристик неопределенные и хлопчатобумажные маски сопоставимы с медицинской и могут применяться в качестве барьерного средства для снижения риска распространения инфекций, передающихся воздушно-капельным путем [42, 43].

В исследованиях отечественных ученых представлены результаты гигиенической оценки использования масок работниками аэропорта при пандемии COVID-19. Результаты исследований показали, что использование лицевых масок имеет важное значение для предотвращения распространения инфекции среди работников аэропортов [44].

При соблюдении мер неспецифической профилактики в условиях пандемии COVID-19 был сформирован стереотип поведения заботы об окружающих. Ведущая роль в этом отводится медицинским работникам [45], в том числе студентам медицинских учебных организаций, формирующих активную жизненную позицию по профилактике инфекции.

По результатам опроса студентов медицинского учебного заведения г. Москвы, почти все студенты (97,5%) во время пандемии носили СЗОД в виде масок [46]. Учитывая анализ критериев выбора СЗОД, вероятно, эти изделия являлись для студентов более комфортными. Ту же тенденцию в применении двух- и трехслойных медицинских масок отмечали и другие исследователи [47]. По результатам исследований Matusiak L. с соавторами, в Польше средства

индивидуальной защиты органов дыхания в виде масок носили всего лишь 62,8% опрошенных студентов-медиков [48].

Вместе с тем при использовании СЗОД во время пандемии COVID-19 у многих респондентов наблюдались реакции кожных покровов различной степени выраженности [49]. Результаты отечественных ученых согласуются с данными других исследователей, которые также отмечают появление неблагоприятных кожных реакций при ношении лицевых масок. Так, по данным Yu J. с соавторами, у пользователей респираторов и хирургических масок отмечались контактный дерматит, аллергический дерматит, угри и контактная крапивница [50]. В исследовании Metin N. с соавторами отмечается пятикратное увеличение числа жалоб на угри среди тех, кто пользуется любой маской [51]. Кожные реакции на ношение маски можно объяснить недостаточной воздухопроницаемостью материала, из которого она изготовлена [52].

Другим средством неспецифической профилактики распространения COVID-19 является ношение перчаток. Это обусловлено тем, что вирус может передаваться не только воздушно-капельным, но и контактно-бытовым путем. Требования к ношению перчаток в общественных местах лицами немедицинских специальностей во время пандемии различались в разных странах [53, 54].

Изучение частоты проявления у работников транспорта кожных реакций при длительном ношении перчаток показало ее связь с характером и интенсивностью труда, длительностью ношения, а также химическим составом материалов, из которого изготовлены перчатки [55].

При анкетировании медицинских работников о повреждениях кожи в связи с длительным ношением перчаток (более 6 часов) сообщили 65,9% респондентов [56]. По данным китайских исследователей, у 88,5% пользователей латексных перчаток появляются такие кожные реакции, как локальный зуд, жжение, покалывание, контактная и генерализованная крапивница [57].

По мнению Yan Y. с соавторами, длительное использование перчаток может привести к гипергидратации рогового слоя, что вызывает мацерацию и, при постоянном ношении, эрозии. Химические вещества, содержащиеся в перчатках, могут спровоцировать дерматит на мацерированной или эрозивной коже, которая крайне уязвима для вторичной инфекции [58]. Итальянские исследователи полагают, что появление кожных реакций при ношении перчаток связано с «истощением» поверхностных липидов. Это приводит к более глубокому проникновению детергентов, а прогрессирующее повреждение слоев кожи

является основным патогенетическим механизмом развития повреждений кожи [59].

Связь появления кожных реакций при ношении перчаток в зависимости от химического состава материала, из которого изготовлены перчатки, подтверждается результатами лабораторных исследований. Так было установлено, что в хлопчатобумажных перчатках и хлопчатобумажных с покрытием обнаружен формальдегид в концентрациях, превышающих допустимые в 1,48 и 1,16 раза соответственно. В хлопчатобумажных перчатках с покрытием обнаружен цинк в концентрациях, превышающих допустимые значения в 1,17 раза [60].

**Выводы.** Успешность противостояния COVID-19 во многом определялась четкой, слаженной работой государственных систем здравоохранения во всех регионах мира. Остается очевидным, что на фоне вакцинации выполнение всех необходимых организационных и противоэпидемических мероприятий являлось важной мерой для замедления распространения пандемии. Это позволило снизить нагрузку на систему здравоохранения и предотвратило рост инфицирования населения. Опыт борьбы с COVID-19 в различных странах является основой для выработки национальных стратегий противодействия инфекционным угрозам. Подход к профилактическим мероприятиям должен быть взвешенным, осознанным и обоснованным с учетом риска возможных негативных последствий для здоровья населения.

#### Список литературы:

1. Львов Д.К., Альховский С.В., Колобухина Л.В., Бурцева Е.И. Этиология эпидемической вспышки COVID-19 в г. Ухань (провинция Хубэй, Китайская Народная Республика), ассоциированной с вирусом 2019CoV (Nidovirales, Coronaviridae, Coronavirinae, Betacoronavirus, подрод Sarbecovirus): уроки эпидемии SARS-CoV. Вопросы вирусологии 2020; 65(1): 6-15. DOI 10.36233/0507-4088-20C20-65-1-6-15.
2. Li H., Liu S.M., Yu X.H., Tang S.L., Tang C.K. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): current status and future perspectives. Int J Antimicrob Agents 2020; 55(5): 105951. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2020.105951.
3. Stephen S., Issac A., Radhakrishnan R.V., Jacob J., Vijay VR., Azhar SM. et al. Scrutiny of COVID-19 response strategies among severely affected European nations Osong Public Health and Research Perspectives 2021; 12(4): 203214. DOI: 10.24171/J.PHRP.2021.0068.
4. Gauttam P., Patel N., Singh B., Kaur J., Chattu VK., Jakovljevic M. Public Health Policy of India and COVID-19: Diagnosis and Prognosis of the Combating Response. Sustainability 2021; 13: 3415. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13063415>.

5. Pirasteh-Anosheh H., Parnian A., Spasiano D., Race M., Ashraf M. Haloculture: A system to mitigate the negative impacts of pandemics on the environment, society and economy, emphasizing COVID-19. *Environmental Research* 2021; 198: 111228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111228>.
6. Alanzi T., Althumairi A., Aljaffary A., Alfayez A., Alsalman D., Alanezi F. et al. Evaluation of the Mawid mobile healthcare application in delivering services during the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. *Int Health* 2022; 14(2): 142-151. DOI: 10.1093/inthealth/ihab018.
7. Kuo P-F., Putra G. B., Setiawan F. A., Wen T-H., Chiu C-S., Sulistyah U. D. The impact of the COVID-19 pandemic on O-D flow and airport networks in the origin country and in Northeast Asia. *Journal of Air Transport Management* 2022;100.102192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102192>.
8. Ranabhat C.L., Jakovljevic M., Kim C-B., Simkhada P. COVID-19 Pandemic: An Opportunity for Universal Health Coverage. *Front. Public Health* 2021; 9: 673542. DOI: 10.3389/fpubh.2021.673542.
9. Reshetnikov V., Mitrokhin O., Shepetovskaya N., Belova E., Jakovljevic M. Organizational measures aiming to combat COVID-19 in the Russian Federation: the first experience. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res.* 2020; 20(6): 571–576. DOI.org/10.1080/14737167.2020.1823221.
10. Митрохин О.В., Ермакова Н.А., Акимова Е.И., Сидорова Е.А. COVID-19 – пути совершенствования готовности государства к пандемии. *Здравоохранение Российской Федерации* 2022; 66(1): 5-10. DOI.org/10.47470/0044-197X-2022-66-1-5-1
11. Kandel N., Chungong S., Omaar A., Xing J. Health security capacities in the context of COVID-19 outbreak: an analysis of International Health Regulations annual report data from 182 countries *Lancet.* 2020; 395(10229): 1047-1053. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30553-5.
12. Hossain MM., Sultana A., Purohit N., Mental health outcomes of quarantine and isolation for infection prevention: a systematic umbrella review of the global evidence. *Epidemiol Health.* 2020; 42: e2020038. DOI: 10.4178/epih. e2020038.
13. Henssler J., Stock F., van Bohemen J., Walter H., Heinz A., Brandt L. Mental health effects of infection containment strategies: quarantine and isolation-a systematic review and meta-analysis. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2021; 271(2): 223-234. DOI: 10.1007/s00406-020-01196-x.
14. Sepúlveda-Loyola W., Rodríguez-Sánchez I., Pérez-Rodríguez P., Ganz F., Torralba R., Oliveira D.V., Rodríguez-Mañas L. Impact of Social Isolation Due to COVID-19 on Health in Older People: Mental and Physical Effects and Recommendations. *Nutr Health Aging* 2020; 24(9): 938-947. DOI: 10.1007/s12603-020-1469-2.
15. Smith L., Jacob L., Yakkundi A., McDermott D., Armstrong NC., Barnett Y., et al. Correlates of symptoms of anxiety and depression and mental wellbeing associated with COVID-19: a cross-sectional study of UK-based respondents. *Psychiatry Res.* 2020; 29: 113138. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.113138.
16. Fitzke RE., Wang J., Davis JP., Pedersen ER. Substance use, depression, and loneliness among American veterans during the COVID-19 pandemic. *Am J Addict* 2021; 30(6); 552-559. DOI: 10.1111/ajad.13211.
17. Capasso L., 'Alessandro D D. Housing and Health: Here We Go Again. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021; 18: 12060. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182212060>.
18. Reshetnikov V., Mitrokhin O., Belova E., Mikhailovsky V., Mikerova M., Alsaegh A., et al. Indoor Environmental Quality in Dwellings and Lifestyle Behaviors during the COVID-19 Pandemic: Russian

- Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(11): 5975. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115975>.
19. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Бурляева Е.А., Хотимченко С.А., Батулин А.К., Стародубова А.В. и др. COVID-19: новые вызовы для медицинской науки и практического здравоохранения. *Вопросы питания* 2020; 89.3: 6–13. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10024.
  20. Mitrokhin O.V., Reshetnikov V.A., Belova E.V., Jakovljevic M. Sanitary and hygienic aspects of the Covid-19 self-isolation. *Open Public Health Journal* 2020; 13 (1): 734-738. DOI: 10.2174/1874944502013010734э.
  21. Zisook RE., Monnot A., Parker J., Gaffney S., Dotson S., Unice K. Assessing and managing the risks of COVID-19 in the workplace: Applying industrial hygiene (IH)/occupational and environmental health and safety (OEHs) frameworks. *Toxicol Ind Health* 2020; 36(9): 607-618. DOI: 10.1177/0748233720967522.
  22. Gasmi A., Noor S., Tippairote T., Dadar M., Menzel A., Bjørklund G. Individual risk management strategy and potential therapeutic options for the COVID-19 pandemic. *Clin Immunol.* 2020; 215: 108409. DOI: 10.1016/j.clim.2020.108409.
  23. Melo P., Barbosa JM., Jardim L., Carrilho E., Portugal J. COVID-19 Management in Clinical Dental Care. Part I: Epidemiology, Public Health Implications, and Risk Assessment. *Int Dent J.* 2021; 71(3): 251-262. doi: 10.1016/j.identj.2021.01.015.
  24. Cirrincione L., Rapisarda V., Mazzucco W., Provenzano R., Cannizzaro E. SARS-CoV-2 and the Risk Assessment Document in Italian Work; Specific or Generic Risk Even If Aggravated? *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 2;18(7): 3729. doi: 10.3390/ijerph18073729.
  25. Xiong K., Kukec A., Rumrich IK., Rejc T., Pasetto R., Iavarone I. et al. Methods of health risk and impact assessment at industrially contaminated sites: a systematic review. *Epidemiol Prev.* 2018; 42(5-6S1): 49-58. DOI: 10.19191/EP18.5- 6.S1.P049.087.
  26. Forster P., Forster L., Renfrew C., Forster M. Phylogenetic network analysis of SARS-CoV-2 genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020; 117(17): 9241-9243. DOI: 10.1073/pnas.2004999117.
  27. Jin YH., Huang Q., Wang YY., Zeng XT., Luo LS., Pan ZYu. et al. Perceived infection transmission routes, infection control practices, psychosocial changes, and management of COVID-19 infected healthcare workers in a tertiary acute care hospital in Wuhan: a cross-sectional survey. *Mil Med Res.* 2020; 7(1): 24. DOI: 10.1186/s40779-020-00254-8.
  28. Abbas B., Abbas S., Saleem I., Asghar S., Gulfam F., Umair M. Risk Stratification Tool to Develop Framework for Infection Control in Spectrum of Dental Procedures during COVID-19 Pandemic. *European Journal of Dental and Oral Health* 2022; 3(2): 55-59. DOI: <https://doi.org/10.24018/ejdent.2022.3.2.184>.
  29. Belova E., Shashina E., Shcherbakov D., Zhernov Y., Sukhov V., Zabroda N. et al. Sanitary Aspects of Countering the Spread of COVID-19. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021; 18: 12456. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312456>.
  30. Исютин-Федоткова Т. С., Макарова В. В., Шашина Е. А., Щербakov Д.В., Зелинская М.Ю., Свидзинская Н.В. и др. Оценка объектов повышенного риска заражения инфекциями с аэрогенным механизмом передачи (на примере COVID-19). *Здоровье населения и качество жизни: электронный сборник материалов X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 2023*: 199-205. EDN XQQWOI.

31. Исютина-Федоткова Т.С., Казиева Д.Ю., Сухов В.А., Митрохин О.В. Балльная оценка риска заражения COVID-19 по социально-гигиеническим и поведенческим показателям. Анализ риска здоровью 2021; 4: 17–25. DOI: 10.21668/.
32. Chu D.K., Akl E.A., Duda S., Solo K., Yaacoub S., Schünemann HJ. Physical distancing, face masks and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis *Lancet*.2020; 395:1973–1987. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9.
33. Шашина Е.А., Щербаков Д.В., Исютина-Федоткова Т.С., Макарова В.В., Сухов В.А., Митрохин О.В. Использование средств защиты органов дыхания населением во время пандемии. *Здравоохранение Российской Федерации* 2021; 65(6):527-532. DOI: <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-6-527-532>.
34. Zhong B.L., Luo W., Li H.M., Zhang Q.Q., Liu X.G., Li W.T. et al. Knowledge, attitudes, and practices towards COVID-19 among Chinese residents during the rapid rise period of the COVID-19 outbreak: a quick online cross-sectional survey. *Int J Biol Sci.* 2020; 16(10): 1745-52. DOI: <http://doi.org/10.7150/ijbs.45221>.
35. Dkhar S.A., Quansar R., Saleem S.M., Khan S.M.S. Knowledge, attitude, and practices related to COVID-19 pandemic among social media users in J&K, India. *Indian J Public Health* 2020; 64(Supplement): 205-10. DOI: [http://doi.org/10.4103/ijph.IJPH\\_469\\_20](http://doi.org/10.4103/ijph.IJPH_469_20)
36. Baloran E.T. How will the day going on? Knowledge, Attitudes, Anxiety, and Coping strategies of Stufents during COVID-19 Pandemic. *Journal of Loss and Trauma* 2020; 25: 635-42. DOI: <http://doi.org/10.1080/15325024.2020.1769300>.
37. Clapp P.W., Sickbert-Bennett E.E., Samet J.M., Berntsen J., Zeman K.L., Anderson DJ., et al. US Centers for Disease Control and Prevention Epicenters Program. Evaluation of Cloth Masks and Modified Procedure Masks as Personal Protective Equipment for the Public During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med.* 2021; 181(4): 570. DOI.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168.
38. Talic S., Shah S., Wild H., Gasevic D., Maharaj A. et al. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2021; 375: e068302. DOI:10.1136/bmj-2021-068302.
39. Saavedra-Delgado ME., Villaseñor-Todd A., Caicedo-Agudelo SP., Lázaro-Presenda DA., Ng-Solís B. Impact on COVID-19 morbidity and mortality according to the regulations on the use of face mask. *Gac Med Mex.* 2021;157(3):277-283. English. doi: 10.24875/GMM.M21000558. PMID: 34667320.
40. Шашина Е.А., Исютина-Федоткова Т.С., Макарова В.В., Груздева О.А., Митрохин О.В. Подходы к анализу эффективности средств защиты органов дыхания как мер снижения риска нарушения здоровья во время пандемии COVID-19. *Анализ риска здоровью* 2021; 1: 151–158. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.16.
41. Park AM., Khadka S., Sato F., Omura S., Fujita M., Hashiwaki K. et al. Bacterial and fungal isolation from face masks under the COVID-19 pandemic. *Scientific Reports* 2022; 12: 11361. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15409-x>.
42. Шашина Е.А., Белова Е.В., Груздева О.А., Скопин А.Ю., Андреев С.В., Жернов Ю.В. и др. Оценка бактериальной фильтрации и воздушной проницаемости масок, используемых населением во время пандемии COVID-19. *Анализ риска здоровью* 2022; 1: 93–100. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.09.

43. Шашина Е.А., Белова Е.В., Жернов Ю.В., Щербаков Д.В., Макарова В.В., Исютина-Федоткова Т.С. и др. Гигиеническая оценка изделий, снижающих риск распространения инфекций аэрогенным механизмом (на примере лицевых масок). *Профилактическая и клиническая медицина* 2023; 1(86): 16-23. DOI 10.47843/2074-9120\_2023\_1\_16. – EDN NYLTAK.
44. Шашина Е.А., Смирнова Т.М., Белова Е.В., Жернов Ю.В., Ходыкина Т.М., Макарова В.В. и др. Анализ неблагоприятных реакций на ношение масок в пандемию COVID-19 у работников транспорта. *Медицина труда и экология человека* 2022; 2:19-36. DOI.org/10.24412/2411-3794-2022-10202.
45. Goh Y., Tan BYQ., Bhartendu C., Ong JJY., Sharma VK. How a real protection becomes a psychological symbol during Covid-19?. *Brain Behav Immun.* 2020; 88: 1-5. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.05.060.
46. Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Zabroda N.N., Ermakova N.A. et al. Use of Respiratory Protection Devices by Medical Students During the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021; 18: p. 5834. DOI.org/10.3390/ijerph18115834.
47. Havmose M., Thyssen JP., Zachariae C., Johansen JD. Use of protective gloves by hairdressers: A review of efficacy and potential adverse effects. *Contact Dermatitis* 2020; 83(2): 5-82. DOI: 10.1111/cod.13561.
48. Matusiak L., Szepietowska M., Krajewski P., Białynicki-Birula R., Szepietowski J. Face masks use during the COVID-19 pandemic: Differences in attitudes and practices between medical and non-medical students. A survey of 2256 students in Poland. *AdvClinExp Med.* 2020; 29(10): 1201-1203. DOI: 10.17219/acem/126295.
49. Шашина Е.А., Смирнова Т.М., Белова Е.В., Жернов Ю.В., Ходыкина Т.М., Макарова В.В. и др. Анализ неблагоприятных реакций на ношение масок в пандемию COVID-19 у работников транспорта. *Медицина труда и экология человека* 2022; 2:19-36. DOI.org/10.24412/2411-3794-2022-10202.
50. Yu J., Goldminz A., Chisolm S., Jacob SE., Zippin JH., Wu PA. et al. Facial Personal Protective Equipment: Materials, Resterilization Methods, and Management of Occupation-Related Dermatoses. *Dermatitis* 2021; 32(2): 78-85. doi: 10.1097/DER.0000000000000699.
51. Metin N., Turan C., Utlu Z. Changes in dermatological complaints among healthcare professionals during the COVID-19 outbreak in Turkey. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat* 2020; 29(3) 115-122. DOI:10.15570/actaapa.2020.25.
52. Montero-Vilchez T., Martinez-Lopez A., Cuenca-Barrales C., Rodriguez-Tejero A., Molina-Leyva A., Arias-Santiago S. Impact of Gloves and Mask Use on Epidermal Barrier Function in Health Care Workers. *Dermatitis* 2021; 32(1): 57–62. DOI: 10.1097/DER.0000000000000682.
53. Morales MB., Ortiz-Muñoz L., Duarte Anselmi G., Rada G. Use of gloves for the prevention of COVID-19 in healthy population: A living systematic review protocol. *Health Sci Rep.* 2021; 9;4(2):e255. doi: 10.1002/hsr2.255. PMID: 33732895; PMCID: PMC7942399.
54. Bazaid AS., Aldarhami A., Binsaleh NK., Sherwani S., Althomali OW. (2020) Knowledge and practice of personal protective measures during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study in Saudi Arabia. *PLOS ONE.* 2020; 15(12): e0243695. doi.org/10.1371/journal.pone.0243695.
55. Belova E., Shashina E., Zhernov Y., Zabroda N., Sukhov A., Gruzdeva O. et al. Assessment of Hygiene Indicators When Using Gloves by Transport Workers in Russia during the COVID-19

- Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19:1198. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031198>.
56. Lan J., Song Z., Miao X. Skin damage among healthcare workers managing coronavirus disease-2019. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2020; 82(5): 1215–1216. DOI: 10.1016/j.jaad.2020.03.014.
57. Hu K., Fan J., Li X., Gou X., Li X., Zhou X. The adverse skin reactions of health care workers using personal protective equipment for COVID-19. *Medicine* 2020; 99(24):20603. DOI: 10.1097/MD.00000000000020603.
58. Yan Y., Chen H., Chen L., Cheng B., Diao P., Dong L. et al. Consensus of Chinese experts on protection of skin and mucous membrane barrier for health-care workers fighting against coronavirus disease 2019. *Dermatol Ther.* 2020; 33(4): e13310. DOI: 10.1111/dth.13310.
59. Anedda J., Ferreli C., Rongioletti F., Atzori L. Changing gears: Medical gloves in the era of coronavirus disease 2019 pandemic. *Clin Dermatol* 2020; 38(6): 734-736. DOI: 10.1016/j.clindermatol.2020.08.003.
60. Шашина Е.А., Белова Е.В., Груздева О.А., Макарова В.В., Исютина-Федоткова Т.С., Жернов Ю.В. и др. Оценка химического состава средств защиты органов дыхания и кожи рук, используемых населением во время пандемии COVID-19. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО* 2022; 3: 59–65. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-59-65.

## References:

1. Lvov D.K., Alkhovskiy S.V., Kolobukhina L.V., Burtseva E.I. Etiology of epidemic outbreaks COVID-19 in Wuhan, Hubei province, Chinese People Republic associated with 2019-nCoV (Nidovirales, Coronaviridae, Coronavirinae, Betacoronavirus, Subgenus Sarbecovirus): lessons of SARS-CoV outbreak *Voprosy virusologii.* 2020; 65(1):6-15. DOI 10.36233/0507-4088-2020-65-1-6-15. [In Russ].
2. Li H., Liu S.M., Yu X.H., Tang S.L., Tang C.K. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): current status and future perspectives. *Int J Antimicrob Agents* 2020; 55(5):105951. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2020.105951.
3. Stephen S., Issac A., Radhakrishnan R.V., Jacob J., Vijay VR., Azhar S M. et al. Scrutiny of COVID-19 response strategies among severely affected European nations *Osong Public Health and Research Perspectives* 2021; 12(4): 203214. DOI: 10.24171/J.PHRP.2021.0068.
4. Gauttam P., Patel N., Singh B., Kaur J., Chattu VK., Jakovljevic M. Public Health Policy of India and COVID-19: Diagnosis and Prognosis of the Combating Response. *Sustainability* 2021; 13: 3415. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13063415>.
5. Pirasteh-Anosheh H., Parnian A., Spasiano D., Race M., Ashraf M. Haloculture: A system to mitigate the negative impacts of pandemics on the environment, society and economy, emphasizing COVID-19. *Environmental Research* 2021; 198: 111228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111228>.
6. Alanzi T., Althumairi A., Aljaffary A., Alfayez A., Alsalman D., Alanezi F. et al. Evaluation of the Mawid mobile healthcare application in delivering services during the COVID-19 pandemic in Saudi Arabia. *Int Health* 2022; 14(2): 142-151. DOI: 10.1093/inthealth/ihab018.
7. Kuo P-F., Putra G. B., Setiawan F. A., Wen T-H., Chiu C-S., Sulistyah U. D. The impact of the COVID-19 pandemic on O-D flow and airport networks in the origin country and in Northeast Asia. *Journal*

- of Air Transport Management 2022;100.102192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102192>.
8. Ranabhat C.L., Jakovljevic M., Kim C-B., Simkhada P. COVID-19 Pandemic: An Opportunity for Universal Health Coverage. *Front. Public Health* 2021; 9: 673542. DOI: 10.3389/fpubh.2021.673542.
  9. Reshetnikov V., Mitrokhin O., Shepetovskaya N., Belova E., Jakovlyevic M. Organizational measures aiming to combat COVID-19 in the Russian Federation: the first experience. *Expert Rev Pharmacoeconomics Outcomes Res.* 2020; 20(6): 571–576. DOI.org/10.1080/14737167.2020.1823221. [In Russ].
  10. Mitrokhin O.V., Ermakova N.A., Akimova E.I., Sidorova E.A. COVID-19 - ways to improve the state preparedness for pandemic. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii = Health care of the Russian.* 2022; 66(1): 5-10. DOI.org/10.47470/0044-197X-2022-66-1-5-1.
  11. Kandel N., Chungong S., Omaar A., Xing J. Health security capacities in the context of COVID-19 outbreak: an analysis of International Health Regulations annual report data from 182 countries *Lancet.* 2020; 395(10229): 1047-1053. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30553-5.
  12. Hossain MM., Sultana A., Purohit N., Mental health outcomes of quarantine and isolation for infection prevention: a systematic umbrella review of the global evidence. *Epidemiol Health.* 2020; 42: e2020038. DOI: 10.4178/epih. e2020038.
  13. Henssler J., Stock F., van Bohemen J., Walter H., Heinz A., Brandt L. Mental health effects of infection containment strategies: quarantine and isolation-a systematic review and meta-analysis. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2021; 271(2): 223-234. DOI: 10.1007/s00406-020-01196-x.
  14. Sepúlveda-Loyola W., Rodríguez-Sánchez I., Pérez-Rodríguez P., Ganz F., Torralba R., Oliveira D.V., Rodríguez-Mañas L. Impact of Social Isolation Due to COVID-19 on Health in Older People: Mental and Physical Effects and Recommendations. *Nutr Health Aging* 2020; 24(9): 938-947. DOI: 10.1007/s12603-020-1469-2.
  15. Smith L., Jacob L., Yakkundi A., McDermott D., Armstrong NC., Barnett Y., et al. Correlates of symptoms of anxiety and depression and mental wellbeing associated with COVID-19: a cross-sectional study of UK-based respondents. *Psychiatry Res.* 2020; 29: 113138. DOI: 10.1016/j.psychres.2020.113138.
  16. Fitzke RE., Wang J., Davis JP., Pedersen ER. Substance use, depression, and loneliness among American veterans during the COVID-19 pandemic. *Am J Addict* 2021; 30(6): 552-559. DOI: 10.1111/ajad.13211.
  17. Capasso L., 'Alessandro D D. Housing and Health: Here We Go Again. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021; 18: 12060. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182212060>.
  18. Reshetnikov V., Mitrokhin O., Belova E., Mikhailovsky V., Mikerova M., Alsaegh A., et al. Indoor Environmental Quality in Dwellings and Lifestyle Behaviors during the COVID-19 Pandemic: Russian Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(11): 5975. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115975>. [In Russ].
  19. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Burlyaeva E.A., Khotimchenko S.A., Baturin A.K. Starodubova A. V., et al. COVID-19: new challenges for medical science and practical health. *Voprosy pitaniia. = Problems of Nutrition* 2020; 89(3): 6-13. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10024.
  20. Mitrokhin O.V., Reshetnikov V.A., Belova E.V., Jakovljevic M. Sanitary and hygienic aspects of the Covid-19 self-isolation. *Open Public Health Journal* 2020; 13 (1): 734-738. DOI: 10.2174/1874944502013010734э.

21. Zisook RE., Monnot A., Parker J., Gaffney S., Dotson S., Unice K. Assessing and managing the risks of COVID-19 in the workplace: Applying industrial hygiene (IH)/occupational and environmental health and safety (OEHS) frameworks. *Toxicol Ind Health* 2020; 36(9): 607-618. DOI: 10.1177/0748233720967522
22. Gasmi A., Noor S., Tippairote T., Dadar M., Menzel A., Bjørklund G. Individual risk management strategy and potential therapeutic options for the COVID-19 pandemic. *Clin Immunol.* 2020; 215: 108409. DOI: 10.1016/j.clim.2020.108409.
23. Melo P., Barbosa JM., Jardim L., Carrilho E., Portugal J. COVID-19 Management in Clinical Dental Care. Part I: Epidemiology, Public Health Implications, and Risk Assessment. *Int Dent J.* 2021; 71(3): 251-262. doi: 10.1016/j.identj.2021.01.015.
24. Cirrincione L., Rapisarda V., Mazzucco W., Provenzano R., Cannizzaro E. SARS-CoV-2 and the Risk Assessment Document in Italian Work; Specific or Generic Risk Even If Aggravated? *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 2;18(7): 3729. doi: 10.3390/ijerph18073729.
25. Xiong K., Kukec A., Rumrich IK., Rejc T., Pasetto R., Iavarone I. et al. Methods of health risk and impact assessment at industrially contaminated sites: a systematic review. *Epidemiol Prev.* 2018; 42(5-6S1): 49-58. DOI: 10.19191/EP18.5-6.S1.P049.087.
26. Forster P., Forster L., Renfrew C., Forster M. Phylogenetic network analysis of SARS-CoV-2 genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020; 117(17): 9241-9243. DOI: 10.1073/pnas.2004999117.
27. Jin YH., Huang Q., Wang YY., Zeng XT., Luo LS., Pan ZYu. et al. Perceived infection transmission routes, infection control practices, psychosocial changes, and management of COVID-19 infected healthcare workers in a tertiary acute care hospital in Wuhan: a cross-sectional survey. *Mil Med Res.* 2020; 7(1): 24. DOI: 10.1186/s40779-020-00254-8.
28. Abbas B., Abbas S., Saleem I., Asghar S., Gulfam F., Umair M. Risk Stratification Tool to Develop Framework for Infection Control in Spectrum of Dental Procedures during COVID-19 Pandemic. *European Journal of Dental and Oral Health* 2022; 3(2): 55-59. DOI: <https://doi.org/10.24018/ejdent.2022.3.2.184>.
29. Belova E., Shashina E., Shcherbakov D., Zhernov Y., Sukhov V., Zabroda N. et al. Sanitary Aspects of Countering the Spread of COVID-19. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021; 18: 12456. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312456>.
30. Isyutina-Fedotkova T. S., Makarova V. V., Shashina E. A., Shcherbakov D.V., Zelinskaya M.Yu., Svidzinskaya N.V. et al. Assessment of objects at increased risk of infection with infections with aerogenic transmission (using the example of COVID-19). Population health and quality of life: electronic collection materials of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation St. Petersburg, March 30, 2023.: 199-205. EDN XQQWOI. [In Russ].
31. Isyutina-Fedotkova T.S., Kazieva D.Yu., Sukhov V.A., Mitrokhin O.V. Score estimate of COVID-19 risks as per socio-hygienic and behavioral indicators. *Analiz riska zdorov'ju.* 2021; 4: 17-25. DOI: 10.21668/. [In Russ].
32. Chu D.K., Akl E.A., Duda S., Solo K., Yaacoub S., Schünemann HJ. Physical distancing, face masks and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis *Lancet.* 2020; 395:1973–1987. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9.
33. Shashina E.A., Shcherbakov D.V., Isyutina-Fedotkova T.S., Makarova V.V., Sukhov V.A., Mitrokhin O.V. The use of the respiratory protective devices by the population during the COVID-19 pandemic.

- Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii* 2021; 65(6): 527-532. DOI: <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-6-527-532>. [In Russ].
34. Zhong B.L., Luo W., Li H.M., Zhang Q.Q., Liu X.G., Li W.T. et al. Knowledge, attitudes, and practices towards COVID-19 among Chinese residents during the rapid rise period of the COVID-19 outbreak: a quick online cross-sectional survey. *Int J Biol Sci.* 2020; 16(10): 1745-52. DOI: <http://doi.org/10.7150/ijbs.45221>.
  35. Dkhar S.A., Quansar R., Saleem S.M., Khan S.M.S. Knowledge, attitude, and practices related to COVID-19 pandemic among social media users in J&K, India. *Indian J Public Health* 2020; 64(Supplement): 205-10. DOI: [http://doi.org/10.4103/ijph.IJPH\\_469\\_20](http://doi.org/10.4103/ijph.IJPH_469_20).
  36. Baloran E.T. How will the day going on? Knowledge, Attitudes, Anxiety, and Coping strategies of Stufents during COVID-19 Pandemic. *Journal of Loss and Trauma* 2020; 25: 635-42. DOI: <http://doi.org/10.1080/15325024.2020.1769300>.
  37. Clapp P.W., Sickbert-Bennett E.E., Samet J.M., Berntsen J., Zeman K.L., Anderson DJ., al. US Centers for Disease Control and Prevention Epicenters Program. Evaluation of Cloth Masks and Modified Procedure Masks as Personal Protective Equipment for the Public During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med.* 2021; 181(4): 570. DOI.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168.
  38. Talic S., Shah S., Wild H., Gasevic D., Maharaj A. et al. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2021; 375: e068302. DOI:10.1136/bmj-2021-068302.
  39. Saavedra-Delgado ME., Villaseñor-Todd A., Caicedo-Agudelo SP., Lázaro-Presenda DA., Ng-Solís B. Impact on COVID-19 morbidity and mortality according to the regulations on the use of face mask. *Gac Med Mex.* 2021;157(3):277-283. English. doi: 10.24875/GMM.M21000558. PMID: 34667320.
  40. Shashina E.A., Isiutina-Fedotkova T.S., Makarova V.V., Gruzdeva O.A., Mitrokhin O.V. Approaches to analyzing efficiency of respiratory protective equipment as a way to reduce health risks during COVID-19 pandemic. *Analiz riska zdorov'ju* . 2021; 1: 151–158. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.16. [In Russ].
  41. Park AM., Khadka S., Sato F., Omura S., Fujita M., Hashiwaki K. et al. Bacterial and fungal isolation from face masks under the COVID-19 pandemic. *Scientific Reports* 2022; 12: 11361. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15409-x>.
  42. Shashina E.A., Belova E.V., Gruzdeva O.A., Skopin A.Y., Andreev S.V., Zhernov Y.V. et al. Assessment of bacterial filtration and air permeability of face masks used by people during the COVID-19 pandemic. *Analiz riska zdorov'ju.* 2022; 1: 93–100. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.09. [In Russ].
  43. Shashina E.A., Belova E.V., Zhernov Yu.V., Shcherbakov D.V., Makarova V.V., Isiutina-Fedotkova T.S., et al. Hygienic assessment of devices reducing the risk of the infections spread by airborne mechanism (based on face masks). *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina.* 2023; 1(86): 16-23. DOI 10.47843/2074-9120\_2023\_1\_16. – EDN NYLTAK. [In Russ].
  44. Shashina E.A., Smirnova T.M., Belova E.V., Zhernov Y.V., Khodykina T.M., Makarova V.V. et al. Analysis of adverse reactions to face mask wearing by transport workers during the COVID-19 pandemic. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka.* 2022; 2: 19-36. DOI.org/10.24412/2411-3794-2022-10202. [In Russ].
  45. Goh Y., Tan BYQ., Bhartendu C., Ong JJY., Sharma VK. How a real protection becomes a psychological symbol during Covid-19?. *Brain Behav Immun.* 2020; 88: 1-5. DOI: 10.1016/j.bbi.2020.05.060.

46. Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Zabroda N.N., Ermakova N.A. et al. Use of Respiratory Protection Devices by Medical Students During the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18: p. 5834. DOI.org/10.3390/ijerph18115834.
47. Havmose M., Thyssen JP., Zachariae C., Johansen JD. Use of protective gloves by hairdressers: A review of efficacy and potential adverse effects. *Contact Dermatitis* 2020; 83(2): 5-82. DOI: 10.1111/cod.13561.
48. Matusiak L., Szepietowska M., Krajewski P., Białynicki-Birula R., Szepietowski J. Face masks use during the COVID-19 pandemic: Differences in attitudes and practices between medical and non-medical students. A survey of 2256 students in Poland. *AdvClinExp Med*. 2020; 29(10): 1201-1203. DOI: 10.17219/acem/126295.
49. Shashina E.A., Smirnova T.M., Belova E.V., Zhernov Y.V., Khodykina T.M., Makarova V.V. et al. Analysis of adverse reactions to face mask wearing by transport workers during the COVID-19 pandemic. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka* 2022; 2: 19-36. DOI.org/10.24412/2411-3794-2022-10202. [In Russ].
50. Yu J., Goldminz A., Chisolm S., Jacob SE., Zippin JH., Wu PA. et al. Facial Personal Protective Equipment: Materials, Resterilization Methods, and Management of Occupation-Related Dermatoses. *Dermatitis* 2021; 32(2): 78-85. doi: 10.1097/DER.0000000000000699.
51. Metin N., Turan C., Utlu Z. Changes in dermatological complaints among healthcare professionals during the COVID-19 outbreak in Turkey. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat* 2020; 29(3) 115-122. DOI:10.15570/actaapa.2020.25.
52. Montero-Vilchez T., Martinez-Lopez A., Cuenca-Barrales C., Rodriguez-Tejero A., Molina-Leyva A., Arias-Santiago S. Impact of Gloves and Mask Use on Epidermal Barrier Function in Health Care Workers. *Dermatitis* 2021; 32(1): 57–62. DOI: 10.1097/DER.0000000000000682
53. Morales MB., Ortiz-Muñoz L., Duarte Anselmi G., Rada G. Use of gloves for the prevention of COVID-19 in healthy population: A living systematic review protocol. *Health Sci Rep*. 2021; 9;4(2):e255. doi: 10.1002/hsr2.255. PMID: 33732895; PMCID: PMC7942399.
54. Bazaid AS., Aldarhami A., Binsaleh NK., Sherwani S., Althomali OW. (2020) Knowledge and practice of personal protective measures during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study in Saudi Arabia. *PLOS ONE*. 2020; 15(12): e0243695. doi.org/10.1371/journal.pone.0243695.
55. Belova E., Shashina E., Zhernov Y., Zabroda N., Sukhov A., Gruzdeva O. et al. Assessment of Hygiene Indicators When Using Gloves by Transport Workers in Russia during the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19:1198. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031198>.
56. Lan J., Song Z., Miao X. Skin damage among healthcare workers managing coronavirus disease-2019. *J. Am. Acad. Dermatol*. 2020; 82(5): 1215–1216. DOI: 10.1016/j.jaad.2020.03.014.
57. Hu K., Fan J., Li X., Gou X., Li X., Zhou X. The adverse skin reactions of health care workers using personal protective equipment for COVID-19. *Medicine* 2020; 99(24):20603. DOI: 10.1097/MD.00000000000020603.
58. Yan Y., Chen H., Chen L., Cheng B., Diao P, DongL. et al. Consensus of Chinese experts on protection of skin and mucous membrane barrier for health-care workers fighting against coronavirus disease 2019. *Dermatol Ther*. 2020; 33(4): e13310. DOI: 10.1111/dth.13310.

59. Anedda J., Ferreli C., Rongioletti F., Atzori L. Changing gears: Medical gloves in the era of coronavirus disease 2019 pandemic. *ClinDermatol* 2020; 38(6): 734-736. DOI: 10.1016/j.clindermatol.2020.08.003.
60. Shashina E.A., Belova E.V., Gruzdeva O.A., Makarova V.V., Isyutina-Fedotkova T.S., Zhernov Yu.V., et al. Assessment of the chemical composition of respiratory and dermal protective equipment used by the population during the COVID-19 pandemic. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – PH&LE*. 2022; 3: 59–65. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-59-65. [In Russ].

Поступила/Received: 27.02.2024  
Принята в печать/Accepted: 29.05.2024

УДК 504.75/03/06+574.2+581.6+614.7+656.1+712.4

## ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ТРАНСПОРТЕ И МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ларионов М.В., Гаврилова А.В.

ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»,  
Москва, Россия

Проблема, рассмотренная в статье, играет огромное значение для развития транспорта и выработки мер защиты окружающей среды и здоровья населения. Своевременные решения экологизированного характера позволят снизить уровень эколого-гигиенических проблем от наземного транспорта. В настоящее время большое внимание уделяется экологии и гигиене окружающей среды. Особое значение эколого-гигиенические вопросы имеют применительно к поселениям, где сконцентрировано население. Экология и гигиена как междисциплинарные научные направления в настоящее время позволяют достаточно детально рассматривать процессы в объектах окружающей среды и в контексте экологически обусловленных дисфункций и патологий у населения. Значимое лимитирующее значение по отношению к эколого-гигиенической обстановке представляет транспорт. К сожалению, от концентрации и технических характеристик эксплуатируемого транспорта зависит популяционное здоровье и параметры эколого-гигиенического неблагополучия людей. Урбанизация и рост населения крупных городов повышают актуальность такой проблемы. Сейчас обсуждаются вопросы по расширению использования наземного транспорта на альтернативной тяге, в том числе на электрической. К сожалению, двигатели внутреннего сгорания и электрические двигатели представляют неблагоприятные последствия для окружающей среды. Считается, что электродвигатели являются более технологичными и при этом более экологичными. В статье в сравнении рассматриваются аспекты экологических последствий от этих типов силовых установок. **Объекты исследования.** Рассмотрено влияние электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания на качество окружающей среды. **Цели** - изучить и сравнить электродвигатель и двигатель внутреннего сгорания близких технических параметров. Сделать выводы о влиянии каждого двигателя на качество окружающей среды и, следовательно, на здоровье населения. **Выводы.** Ввиду полученных данных можно сделать вывод о том, что электродвигатели не являются экологичными, как их позиционируют на современном рынке. Необходимы меры по биозащите и биореабилитации окружающей среды посредством ботанически и экологически обоснованного озеленения.

**Ключевые слова:** гигиена окружающей среды, эколого-гигиенические проблемы, современные экологические риски, CO<sub>2</sub>, автомобили, электрический двигатель, двигатель внутреннего сгорания, целесообразность эколого-защитного озеленения, здоровье населения, здоровьесбережение населения.

**Для цитирования:** Ларионов М.В., Гаврилова А.В. Эколого-гигиенические аспекты использования двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей на транспорте и меры по защите окружающей среды и здоровья населения. Медицина труда и экология человека. 2024;2:145-162.

**Для корреспонденции:** Гаврилова Анастасия Викторовна, студент ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», kitisatas@gmail.com.

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

**Конфликт интересов:** авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10210>

## THE ENVIRONMENTAL AND HYGIENIC ASPECTS OF USING ENGINES INTERNAL COMBUSTION AND ELECTRIC MOTORS IN THE TRANSPORT AND MEASURES TO PROTECT THE ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH

Larionov M. V., Gavrilova A.V.

Russian Biotechnological University (BIOTECH University, Moscow, Russian

**Abstract.** The problem discussed in the article is of great importance for the development of transport and the workout of measures to protect the environment and public health. Timely eco-friendly solutions will reduce the level of the environmental and hygienic problems caused by ground transport. Currently, much attention is paid to ecology and environmental hygiene. The ecological and hygienic issues are of particular importance in relation to settlements where the population is concentrated. The ecology and hygiene, as the interdisciplinary scientific directions, currently make it possible to examine in sufficient detail the processes in the environmental objects and in the context of environmentally caused dysfunctions and pathologies in the population. The transport is the significant limiting factor in relation to the ecological and hygienic situation. Unfortunately, population health and the parameters of environmental and hygienic ill-being of people depend on the concentration and technical characteristics of the transport being used. Urbanization and population growth in large cities are increasing the urgency of this problem. Issues on expanding the use of ground transport applying alternative traction, including electric traction, are currently being discussed. Unfortunately, internal combustion engines and electric motors pose adverse environmental consequences. It is believed that electric motors are more technologically advanced and at the same time more “environmentally friendly”. The article compares aspects of the environmental consequences of these types of power installations. Objects of research. The influence of electric motors and internal combustion engines on the quality of the environment is considered. Goals. Study and compare the electric motor and the internal combustion engine with similar technical parameters. Draw conclusions about the impact of each engine on the quality of the environment and, consequently, on public health. Conclusions. In view of the data obtained, we can conclude that electric motors are not

environmentally friendly, as they are positioned in the modern market. Measures are needed for bioprotection and bioremediation of the environment through botanically and environmentally sound landscaping.

**Keywords.** Environmental hygiene, ecological and hygienic problems, modern environmental risks, CO<sub>2</sub>, cars, electric motor, internal combustion engine, feasibility of environmentally protective landscaping, public health, preserving public health.

**Citation:** Larionov M. V., Gavrilova A.V. The environmental and hygienic aspects of using engines internal combustion and electric motors in the transport and measures to protect the environment and public health. Occupational health and human ecology. 2024;2:145-162.

**Correspondence:** Anastasiya V. Gavrilova, Student, Russian Biotechnological University (BIOTECH University), kitisatas@gmail.com.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10210>

Современная техносфера, особая и сложная социотехноэкосистема, стремительными темпами преобразуется, совершенствуется, проникая все глубже в географическую оболочку, затрагивая многие геосферы и особенно их компоненты, в которых существует и осуществляет свой жизненный цикл человек. Наземный транспорт в данном случае занимает лидирующие позиции по времени внедрения технических и технологических инноваций.

С другой стороны, развитие техносферы и транспорта, в частности, инициирует ряд неблагоприятных и, прямо надо указывать, кризисных по содержанию и глубине воздействий экологических и гигиенических последствий для окружающей среды, живой и неживой природы, а также для человеческого здоровья. Собственно, современные экологические исследования и должны быть направлены на различные виды анализов эколого-гигиенических опасностей, снижающих уровень экологического комфорта для населения, и их ключевых причин, критериев и возможностей для нейтрализации. Сейчас наша технократическая и техноцентрическая цивилизация вступает в эпоху четвертой промышленно-технологической революции, эру масштабных и стремительных инфраструктурных и экономических изменений. Новый технологический уклад значительно меняет все процессы в обществе, диктует необходимость активного внедрения электромобилей в транспортно-коммуникационный комплекс городов с созданием соответствующей инфраструктуры [1].

На данный момент обсуждаемой темой в автомобилестроении является вопрос перехода с автомобилей с традиционным двигателем внутреннего сгорания (ДВС) на электротранспорт (электробусы, электромобили, электромотоциклы и т.п.). Отказ от

автомобилей с ДВС обусловлен оздоровлением окружающей среды, однако увеличение темпа производства главного компонента электромобилей – аккумуляторных батарей, вызовет образование и существенные объемы эмиссии токсичных веществ и парниковых газов в окружающую среду, по сравнению с производством автомобилей с ДВС. Повышается роль и нагрузка на добывающую отрасль. В итоге растут потребности в интенсификации природопользования, что влечет истощение природных ресурсов и ухудшение состояния территорий, на которых происходит добыча и переработка все новых объемов извлекаемого и используемого сырья [2]. Поэтому проблемы изъятия природных ресурсов, их переработки и производства агрегатов и отдельных элементов двигателей, их питающих элементов, технических пластмасс, топлива и других наименований ГСМ, нарушение экологической обстановки и снижение уровня экологического комфорта с сопровождением проблем эколого-гигиенического характера (на производствах, на предприятиях хранения и обслуживания транспорта, на прилегающих территориях к транспортным путям) комплексные. Они, соответственно, требуют комплексного подхода.

Следовательно, актуальность данной проблемы в современное время очень высока. К большому сожалению, предполагаем, что актуальность экологических и гигиенических проблем, инициированных наземным транспортом, может сохраниться в ближайшее время. Благодаря полученным результатам необходимо задуматься о серьезных экологических и гигиенических проблемах, которые инициируют производство и эксплуатация разных типов двигателей для наземного транспорта (по аналогии силовых установок и других наименований транспорта).

**Результаты исследования.** Выполнена сравнительная характеристика технических и экологических параметров двух типов двигателей. Укажем, что сейчас взят тренд на повышение доли транспорта на электрическую тягу, в том числе с использованием аккумуляторных батарей.

В таблице приведены результаты сравнительной характеристики электрического двигателя (ЭД) и машин с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

**Таблица 1.** Сравнение инженерно-технических, химико-токсикологических и экологических характеристик ЭД и ДВС [5], [6], [7], [8], [9]

**Table 1.** Comparison of engineering, chemical and toxicological and environmental characteristics of electric vehicles and internal combustion engines [5], [6], [7], [8], [9]

Технические и экологические параметры	Электрический двигатель	Двигатель внутреннего сгорания
<b>Производство</b>	<p>Большинство выбросов приходится на производство аккумуляторов для двигателей, а точнее батарей. В них используют кобальт и литий. Литий добывают либо из породы, обогащенной литием, либо из солончаков. Чтобы добыть 1 тонну лития потребуется 250 тонн породы или, если добыча идет на солончаке, то 750 тонн солевого раствора. Однако очистить литий от примесей можно только химическим путем, после которого отходы не используются. Кобальт, который также используется в аккумуляторах, добывается в Конго, где используется детский труд [3].</p>	<p>Для производства бензина используют нефть, которую выкачивают из недр земли вышками. Далее она подвергается очистке и каталитическому крекингу. Затем переработка фракций первичной переработки путем химического превращения содержащихся в них углеводородов и выработка компонентов товарных нефтепродуктов [4].</p>
<b>Эксплуатация</b>	<p>Наносит большой ущерб экологии по выделению углекислого газа в атмосферу. Были</p>	<p>Наносит меньше ущерба экологии. Проведен подсчет выделяемого CO<sub>2</sub> за год эксплуатации</p>

	проведены расчеты по выделению CO <sub>2</sub> , результаты представлены в таблице 2.	автомобилей. Результаты представлены в таблице 3.
<b>Утилизация</b>	Аккумулятор невозможно утилизировать кроме ручной разборки. Роботы неспособны на механическую разборку, т.к. все аккумуляторы разные. Также утилизация очень дорогостоящая.	ДВС отправляют на переработку, опасные вещества для экологии утилизируют. Все методы переработки не вредят экологии.

Результаты расчета технических характеристик в контексте ущерба эколого-гигиеническому качеству окружающей среды представлены в таблице 2. В сравнительный анализ включены марки автомобилей со сходными техническими параметрами в близком ценовом сегменте и со схожими инженерно-техническими характеристиками.

**Таблица 2.** Сравнительные технические и экологические характеристика авто с ЭД и ДВС [5], [6], [7], [8], [9]

**Table 2.** Comparative technical and environmental characteristics of cars with ED and ICE [5], [6], [7], [8], [9]

Характеристика	Chevrolet Camaro (2019)	Tesla Model 3 (2020)
Средняя цена	3,3 млн руб.	4,0 млн руб.
Мощность	238 л•с	241 л•с
Объем бака/батареи	72 л	54 кВт•ч
Расход	8,2 л на 100 км	13,2 кВт•ч на 100 км
Выделение диоксида	0,19 кг/км на 1 км	0,00 кг на 1 км

углерода (CO <sub>2</sub> ↑)	0,072 кг CO <sub>2</sub> на доставку 1 л от станции до бензоколонки	0,00 кг CO <sub>2</sub> на доставку 1 кВт·ч от станции до розетки
	0,188 кг CO <sub>2</sub> на добычу нефти и перегонки бензина	0,42 кг CO <sub>2</sub> на выделение 1 кВт·ч на станции ТЭС, ГЭС, АЭС
	6500 кг CO <sub>2</sub> на производство	12680 кг CO <sub>2</sub> на производство

**Методы исследования.** Были произведены расчеты выделения CO<sub>2</sub> за год по формулам 1, 2, 3 и внесены в таблицу 3.

Формула 1

$$V_B = \frac{V_L \cdot S_{cp}}{D},$$

где  $V_L$  – количество литров, затраченных на 100 км пути;  $S_{cp}$  – средний пробег за год;  $D$  – количество километров;  $V_B$  – количество бензина, затраченного на проезд 20000 км.

Формула 2

$$V_{БУ} = V_B \cdot V_y,$$

где  $V_B$  – количество бензина, затраченного на проезд 20000 км;  $V_y$  – сумма выделившегося количества CO<sub>2</sub> при работе машин;  $V_{БУ}$  – количество выделенного CO<sub>2</sub> при затраченном количестве бензина.

Формула 3

$$(V_{БУ} \cdot n) + V_{П} = V_{Э},$$

где  $V_{БУ}$  – количество выделенного CO<sub>2</sub> при затраченном количестве бензина;  $n$  – количество лет эксплуатации;  $V_{П}$  – количество выделенного CO<sub>2</sub> при производстве автомобиля;  $V_{Э}$  – количество выделенного CO<sub>2</sub> за  $n$  лет эксплуатации автомобиля.

Полученные расчетные данные представлены далее.

### Chevrolet Camaro

За 1 год эксплуатации

$$1) \frac{8,2 \cdot 20000}{100} = 1640,$$

$$2) 0,19 + 0,072 + 0,188 = 0,45,$$

где 0,19 – количество выделенного CO<sub>2</sub> на 1 км пути; 0,072 – количество выделенного CO<sub>2</sub> на доставку 1 литра от станции до бензоколонки; 0,118 – количество выделенного CO<sub>2</sub> на добычу нефти и перегонки бензина; 0,45 – сумма выделившегося количества CO<sub>2</sub> при работе машин.

$$3) 1640 \cdot 0,45 = 738,$$

$$4) (738 \cdot 1) + 6500 = 7238$$

За 5 лет эксплуатации

$$1) \frac{8,21 \cdot 20000}{100} = 1640$$

$$2) 0,19 + 0,072 + 0,188 = 0,45$$

$$3) 1640 \cdot 0,45 = 738$$

$$4) (738 \cdot 5) + 6500 = 10190,$$

За 10 лет эксплуатации

$$1) \frac{8,21 \cdot 20000}{100} = 1640$$

$$2) 0,19 + 0,072 + 0,188 = 0,45$$

$$3) 1640 \cdot 0,45 = 738$$

$$4) (738 \cdot 10) + 6500 = 7380$$

### Tesla Model 3

За 1 год эксплуатации

$$1) \frac{13,2 \cdot 20000}{100} = 2640,$$

$$2) 0,42 \cdot 2640 = 1109,$$

$$3) (1109 \cdot 1) + 12680 = 13789,$$

За 5 лет эксплуатации

$$1) \frac{13,2 \cdot 20000}{100} = 2640$$

$$2) 0,42 \cdot 2640 = 1109$$

$$3) (1109 \cdot 5) + 12680 = 18225,$$

За 10 лет эксплуатации

$$1) \frac{13,2 \cdot 20000}{100} = 2640$$

$$2) 0,42 \cdot 2640 = 1109$$

$$3) (1109 \cdot 10) + 12680 = 23770$$

Результаты вычислений по выделению в окружающую среду углекислоты представлены далее в таблице 3.

**Таблица 3.** Расчетные данные по выделению диоксида углерода ( $\text{CO}_2\uparrow$ ) – распространенного токсиканта и важнейшего парникового газа

**Table 3.** Calculated data on the release of carbon dioxide ( $\text{CO}_2\uparrow$ ), a common toxicant and the most important greenhouse gas

Количество лет эксплуатации	Расчет выделения $\text{CO}_2\uparrow$ за год, кг	
	Chevrolet Camaro	Tesla Model 3
С завода	6500	12680
1	7238	13789
5	10190	18225
10	13880	23770
Средний пробег за год	20 тыс. км	

Расчеты показывают, что экологически и гигиенически неблагоприятными последствиями обладают оба рассмотренных типа двигателей. При увеличении времени эксплуатации, включая до 10 лет, эмиссия углекислоты в атмосферу усиливается. При этом во всех вариантах выделение этого токсиканта повышается по мере износа двигателей. При производстве и эксплуатации автомобилей с ЭД выделение углекислоты выше по сравнению с ДВС, что связано с рядом причин инженерно-конструкционного и технологического плана.

Полученные результаты посредством расчетного метода указывают на существенный вклад автотранспорта с обоими типами силовых установок в эмиссию углекислоты в атмосферный воздух. Это серьезная эколого-гигиеническая проблема, если учитывать, что количество транспорта, включительно с мощными ЭД и ДВС, ежегодно повышается. Кроме того, образование и выделение в атмосферу диоксида углерода влечет изменения качественных характеристик химизма наземно-воздушной, почвенной и биотической сред, что имеет комплексные неблагоприятные эколого-геологические и эколого-климатические последствия.

Безусловно, в основе лежали результаты, полученные расчетным и расчетно-балансовым методами, которые активно используются в производственной, эколого-экспертной и экоаналитической работе, в том числе в транспортной, промышленной и коммунальной экологии и гигиене окружающей среды,

транспортной и инженерной гигиене. Такие методы применимы в целом в геоурбанистике и современной урбогигиене.

Переориентация наземного транспорта и принципы управления им [10, 11], хозяйствование, а также устойчивые ресурсоснабжение и ресурсосбережение должны осуществляться с повсеместным внедрением экологически безопасных технологий [10, 11, 12]. Ведь современный транспорт – это источник различных трансформаций наземно-воздушной среды [10-16] и важнейший «поставщик» различных загрязняющих и опасных примесей в атмосферный воздух [10, 14-17, 22], почву, водоемы [10, 22], окружающую биоту, в том числе, в человеческий организм [10, 22]. Поэтому вопрос об обеспечении приемлемой эколого-гигиенической обстановки [11, 12, 17, 20-23] до достижения основных экологических и гигиенических нормативов обозначается сейчас как острый. Этот вопрос на данный момент времени активно изучается.

Особая роль принадлежит работе по обоснованию и внедрению биозащитных технологий с использованием естественных ресурсов экологической функциональности растений. От них зависит уровень эколого-гигиенического комфорта для населения. Именно тренд на внедрение эколого-защитных и ландшафтно-салютогенных растительных композиций позволит не только создать необходимый видеозэкологический эффект, но будет иметь непосредственно средостабилизирующий и терапевтический для населения эффекты. Необходимо понимать, что одной из важнейших функций и следствий науки и технологий, народного хозяйства в рамках прикладной экологии, видеозэкологии, озеленения, транспортного и городского хозяйства является обеспечение здоровья и социально-экологического благополучия населения. Доступность, структурно-планировочные, экологические и имажинальные свойства насаждений, в том числе ландшафтно-салютогенных объектов, в составе транспортных, производственных, сельскохозяйственных, рекреационных, общественно-деловых, жилых и иных функциональных зон поселений должны исполняться с учетом роста риска опасных санитарно-гигиенических процессов и экологического ущерба объектам окружающей среды и населению.

Поэтому грамотно выстроенная, целостная (совокупная по формам, применимости и содержанию) и научно обоснованная с ботанико-экологических, биоклиматических, ландшафтно-экологических и медико-биологических позиций система озеленения должна решать и насущные медико-биологические задачи в современных поселениях, особенно в индустриальных городах и поселках, а также

на различных экологически ущербных территориях. Это вполне возможно. Именно такой подход с использованием идей салютогенеза и знаний о биологии, экологии и географии самих растений для привлечения их в зеленое строительство, садово-парковое и лесокультурное хозяйство, биоремедиационное, биореабилитационное (по отношению к почвам, разным грунтам и ландшафтам), природоохранное обустройство способен решать многие экологические, дорожно-транспортные, архитектурно-строительные, инженерно-модернизационные, медико-биологические и народно-хозяйственные задачи современного дня и будущего времени.

Конечно, в формировании здоровья населения определенное значение должно придаваться культуре и содержанию «здорового образа жизни» [18, 19]. Это значимый вопрос воспитания подрастающих и взрослеющих поколений, а также всех когорт населения (по возрастным группам и полу).

Аспект формирования экологической культуры и мировоззрения рационального природопользования тоже может рассматриваться в качестве компоненты модели индивидуального и группового здорового и включительно экологически грамотного поведения в окружающей среде, среде своей трудовой деятельности и жизни. Ведь, по сведениям ВОЗ, за 25 % (и выше) заболеваний и дисфункций ответственна экологическая обстановка.

Комплексное понимание и детальное изучение территориально-планировочных [11, 13, 17, 22, 23], эколого-гигиенических [10-13, 22] и медико-биологических проблем [10, 11, 20-22, 23] на фоне соответствующих техносферных, социальных, экологических, метеоклиматических и географических условий местности позволяет выработать решения для территориального планирования, транспортного развития, строительства и медико-экологической оптимизации окружающей среды на принципах экологической и технологической (зеленое строительство должно базироваться на передовых достижениях географии, экологии и гигиены окружающей среды, антропоэкологии и экологии самих средств салютогенеза – растений как лабильного компонента биоблагоустройства) безопасности. Большое значение целесообразно придавать выстраиванию продуманной экологической инфраструктуры на основе планировочных каркасов, экологических и санитарно-гигиенических условий местности, природоемкости и потенциала экологической устойчивости территорий. Необходима модернизация гигиенических и экологических показателей качества сред. Важен и вопрос о внедрении биологических

показателей качества окружающей среды в зонах транспортного сообщения, в индустриальных и жилых зонах, а также на других территориях.

Ландшафтные и экологические ресурсы здоровьесбережения [22, 23], в том числе рекреология, экогеореабилитация, экотуризм и активный отдых в природной среде, обеспечивают потенциал биологически благоприятного развития и повышают устойчивость иммунной системы. В целом толерантность организма человека в таких условиях достигает значений эколого-физиологического оптимума, что является важным аспектом антропоэкологии и гигиены человека в современных техногенно-инфраструктурных реалиях.

Именно обоснованный салютотенный экодизайн, в котором система озеленения и другие природные компоненты ландшафтов (в том числе природные компоненты среды обитания человека) в городских садах, парках, скверах и иных рекреационных объектах, а также насаждения в пригородных лесопарках, рекреационных лесах и сельской местности позволяют достичь оздоравливающего эффекта для людей с подвижным образом жизни. Ведь выделяемые растениями биологически активные вещества и соединения с дезинфицирующим эффектом, а также природные биофильтрационная и фиторемедиационная функции надземных (и подземных) органов растений, созданных с соблюдением нормативных требований и адекватных рекомендаций по оптимизации лимитирующих и даже агрессивных (в том числе метеорологических, техногенных физических и химических) средовых факторов, способствуют созданию условий для салютотенного тренда в современных социотехноэкосистемах. Настоящее и будущее должно быть именно за привлечением природоподобных технологий, к которым относятся озеленение и ландшафтно-салютотенная архитектура, в территориальное природопользование и защиту здоровья населения крупных и малых населенных пунктов.

Большая значимость должна придаваться просветительской и воспитательной работе со школьниками и молодежью по выработке устойчивых знаний и представлений по экологии и гигиене окружающей среды, экологическим аспектам формирования индивидуального и популяционного здоровья, по стабилизирующим функциям зеленой инфраструктуры и отдельных видов растений в контекстах благоприятных экологического и микроклиматического действий на почвы и грунты, воздух и водоемы, территории жилых кварталов, в целом на транспортные, производственные и общественно-деловые зоны. Также целесообразно просвещать население, что именно создание экологических

каркасов посредством использования растений с высокими качествами средоформирования и с эколого-стабилизирующей эффективностью в качестве основного инструмента позволит добиться параметров медико-биологического оптимума, т.е. применительно к здоровью работников и всех остальных жителей разных возрастных когорт. Это вполне реализуемо благодаря проявляемым растениями в различных видах групповых посадок психофизиологическим, терапевтическим и реабилитационным фитоэффектам по отношению к человеческому здоровью. Расширение площадей озелененных территорий с применением разнообразных фитодизайнерских решений позволяет добиться максимальной эколого-защитной и медико-биологической эффективности насаждений из растений разных видов, экологических групп и жизненных форм, т.е. используя по максимуму ресурсы культурных фитоценозов, направленных на высокорезультативное биологическое благоустройство и улучшение здоровья окружающей среды.

Подчеркнем, важно и то, что выстраиваемая экологическая инфраструктура современных населенных пунктов и их транспортных систем должна полностью соответствовать имеющимся планировочным каркасам [23], особенностям организации пространств и застройки, дополняя и экологически оптимизируя их. Экологические каркасы на основе аборигенных и интродуцированных представителей растений разных жизненных форм с высокой экологической функциональностью могут решать задачи по биологической очистке воздуха, биоремедиации почв и грунтов, биоремедиации прибрежных территорий, комплексной биологической защите приземной атмосферы от химических и физических загрязнений и в общем наземно-воздушной среды, от которой прямо и опосредованно зависит популяционное здоровье жителей современных поселений.

Более того, именно растительный компонент экологических коридоров (посредством создания линейных насаждений), экологических клиньев (озеленительных «вставок» на разных городских территориях) и экологических ядер (площадные насаждения из деревьев, кустарников и травянистых растений, площадные лесонасаждения и леса естественного происхождения) экокаркасов позволяет утилизировать диоксид углерода благодаря природным механизмам метаболизма.

Растения разных жизненных форм и соответствующих экологических групп с высокой экологической значимостью на фоне местных лимитирующих

антропогенных и природных факторов могут быть использованы в качестве биофильтров и биоаккумуляторов опасных и высоко-опасных токсикантов из газообразных, жидких и твердых загрязнителей атмосферы, почв и прибрежных территорий. Основанные на принципах природной биоаккумуляции определенных поллютантов растениями могут разрабатываться программы по их биоремедиации из почв, грунтов и водоемов, по биомелиорации почв и ландшафтных комплексов. Причем это возможно на землях разных категорий и с различающимся характером землепользования: транспорта, промышленности, энергетики, жилых зон, общественно-деловых зон, санитарно-защитных зон, зон санитарной охраны, зон рекреации, курортно-реабилитационных зон, сельскохозяйственных земель и земель смежных хозяйственных назначений.

Все работы по вновь создаваемому и компенсационному озеленению, биомелиорации и биозащите почв, воздуха и в общем окружающей среды должны учитывать местные планировочно-инфраструктурные особенности, физико-географические параметры ландшафтов, климата, погоды, геологической структуры, гидрографии, почвенного и растительного покровов, экологические и хозяйственные параметры культурных экосистем и ландшафтов. Приоритетным должен стать учет специфичности биологических признаков конкретных видов растений, включая диапазоны их экологических валентностей и, соответственно, экологических спектров в местных средовых условиях. Учет пределов экологических валентностей растений позволит лучше и эффективнее использовать их в озеленении для биозащиты и биореабилитации почв и ландшафтов на землях разных категорий, в том числе на тех, где организованы логистические внутренние и внешние пути сообщения и снабжения наземным транспортом, хозяйственная, рекреационная, туристическая и иная деятельность.

**Заключение.** На основе полученных данных в ходе работы было сделано заключение о том, что электромобили могут принести больший ущерб окружающей среде, чем автомашины с ДВС. Образующиеся объемы углекислоты достаточно существенны. С учетом курса на углеродную нейтральность отечественного народного хозяйства необходимы меры по сокращению выбросов парниковых газов техногенного происхождения и, главным образом, диоксида углерода ( $\text{CO}_2\uparrow$ ).

Особый пласт работ должен быть направлен на интенсификацию зеленого строительства в городах и пригородах, особенно вдоль автотранспортных путей и вокруг автомобилепроизводственных и автомобилеобслуживающих предприятий.

В такой работе приоритетные усилия необходимо направить на формирование экологических каркасов на базе деревьев, кустарников и травянистых растений разных жизненных форм, экологических групп и как можно большего видового (и сортового) состава. Безусловно, полезно вводить в культуру – в городском и пригородном озеленении, лесоразведении, садово-парковом хозяйстве – виды растений из аборигенных экосистем, то есть местные виды как наиболее приспособленные к лимитирующим условиям местных ландшафтов, исключая неблагоприятные и опасные экологические последствия от адвентизации и биоинвазий в культурной флоре.

Особенно полезно, чтобы в озеленение, ландшафтно-салютогенную архитектуру и лесокультурное производство вовлекались аборигенные и интродуцированные (без фитоинвазионных признаков) виды растений, характеризующиеся экологической толерантностью к антропогенным, техногенно-химическим и техногенно-физическим факторам окружающей среды. Здесь важен жесткий контроль за формируемыми культурными фитоценозами на основе интродуцентов с требуемыми хозяйственными и декоративными свойствами для исключения опасности их миграции («бегства») из культурфитоценозов в окружающую природную флору.

Кроме того, особое значение при озеленительных работах принадлежит введению в культуру травянистых, кустарниковых и древесных видов из аборигенных экосистем с широким экологическим спектром, высокой функциональностью в плане биоремедиации и биозащиты почв на придорожных, сельскохозяйственных территориях и в жилых массивах, эффективной биозащиты от химических, физических и биологических загрязнений окружающей среды.

Только в комплексе – при внедрении новых технических и технологических разработок и эколого-гигиенически обоснованного благоустройства территорий, насыщенных наземным транспортом с разными типами силовых установок и прочих экологически вредных агрегатов, – возможно добиться приемлемых результатов по оздоровлению окружающей среды, защите населения от экологически неблагоприятных и опасных факторов современного городского пространства. Здесь на первый план должны выйти комплексные обоснования и решения по развитию и экологически устойчивому и технологически передовому хозяйствованию. Таким образом, имеется возможность перевести вектор главенствующего техноцентризма в биоэкоцентризм. Это будет отвечать целям и задачам поступательного, устойчивого эколого-экономического развития и

сохранения общественного здоровья в современных городах, поселках и деревнях, где практически повсеместно наземный транспорт имеет приоритетное значение. Обоснованное планирование и формирование экологической инфраструктуры, ее повсеместное внедрение, в особенности в экологически неблагоприятные территории, позволит успешно решать планировочные, социально-экономические, дорожно-транспортные, архитектурно-строительные, разнообразные ландшафтно-архитектурные задачи на принципах комплексной инженерно-технической, экологической и санитарно-гигиенической безопасности. Модернизация народного хозяйства на принципах экологизации транспорта, производства, коммунального хозяйства, энергетики, АПК и др. сфер в совокупности с научно обоснованным природообустройством и зеленым строительством будет в большей мере способствовать улучшению экологической обстановки, сокращению выбросов диоксида углерода ( $\text{CO}_2\uparrow$ ), смещению ресурсопотребления и ряда неблагоприятных в медико-экологическом отношении материально-энергетических процессов в сторону экологической оптимизации геохимических и геофизических потоков и циклов в окружающей среде.

### Список литературы:

1. Сысенко Н.Г., Титков А.А., Рейхерт Н.Д. Об экологичности электромобилей. Инженерный вестник Дона. 2022; №1.
2. Тойлыбаев А.Е., Сейсен С. Электромобиль – транспорт будущего. Universum: технические науки. 2018; № 5.
3. Нефть и экология. Спасут ли нас электромобили? [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_HbEl-2n5AQ](https://www.youtube.com/watch?v=_HbEl-2n5AQ) (дата обращения: 22.01.2024).
4. Электрокары: Преступление Против Человечества [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=tqC\\_0QD7BVQ&t=46s](https://www.youtube.com/watch?v=tqC_0QD7BVQ&t=46s) (дата обращения: 22.01.2024).
5. Tesla Model 3 54 kWh Standart Range Plus (04.2019 – 11.2021) – технические характеристики [Электронный ресурс]. URL: [https://www.drom.ru/catalog/tesla/model\\_3/252762/](https://www.drom.ru/catalog/tesla/model_3/252762/) (дата обращения: 22.11.2023).
6. Chevrolet Camaro 2.0 AT Black Edition (06.2019 – 07.2020) – технические характеристики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drom.ru/catalog/chevrolet/camaro/261053/> (дата обращения: 22.01.2024).
7. Евросоюз ужесточил нормы выбросов  $\text{CO}_2$ : автопроизводители не знают, как этого достичь [Электронный ресурс] URL: <https://www.zr.ru/content/news/915452-evrosoyuz-uzhestochil-normy-vybro/> (дата обращения: 22.01.2024).
8. КАМАЗ 65115 (6x4) автотопливозаправщик [Электронный ресурс] URL: <https://avtoalfa.com/tehpravochnik/gruzoviki/kamaz/65115-10/> (дата обращения: 22.01.2024).
9. Нефтегазовые гиганты поставили цель снизить выбросы парниковых газов к 2025 году [Электронный ресурс] URL: <https://www.interfax.ru/world/717746#:~:text=20,%D0%B1%D0%B0%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8C> (дата обращения: 5.04.2024).

10. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология; под ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2003. 273 с.
11. Павлова Е.И., Новиков В.К. Экология транспорта. М.: Издательство Юрайт, 2023. 416 с.
12. Ларионов М.В. Биологическая индикация атмосферы в условиях пригородных и городских ландшафтов. Проблемы и мониторинг природных экосистем. 2014. С. 7–8.
13. Ларионов М.В. Биомониторинг воздушного бассейна зон жилой зоны застройки в малых городах Саратовской и Волгоградской областей. Научная жизнь. 2015;1:195–200.
14. Ларионов М.В., Ларионов Н.В. Содержание техногенных тяжелых металлов в приземном слое воздуха урбанизированных территорий Поволжья. Современные проблемы науки и образования. 2012;2:366.
15. Ларионов Н.В., Ларионов М.В. О состоянии воздушного бассейна в пределах урбосистем среднего Поволжья. Вестник ОГУ. 2009;12:53–54.
16. Сухов Ф.И., Попов В.Г., Боландова Ю.К., Боровков Ю.Н., Чурюкина С.В. Обеспечение экологической безопасности на высокоскоростном наземном транспорте. М.: РУСАЙНС, 2023. 168 с.
17. Трофименко Ю.В., Евгеньев Г.И. Экология. Транспортное сооружение и окружающая среда. М.: Академия, 2019. 400 с.
18. Милушкина О.Ю., Маркелова С.В., Кириллова А.В. Оценка сформированности навыков здорового образа жизни у студентов немедицинских колледжей. Современные проблемы экологии и здоровья населения. Иркутск, 2023. С. 92–95.
19. Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., Девришов Р.Д., Кудряшева И.А., Хорошева И.В. Риск от влияния факторов внутришкольной среды и внешкольных факторов на здоровье школьников. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2023; 1:46–62.
20. Korsakov A.V., Kryukova A.E., Troshin V.P., Milushkina O.Y., Lagerev D.G. Cervical and endometrial cancer incidence in the female population from the bryansk region living in conditions of chemical, radioactive and combined environmental contamination (2000-2020). *Life*. 2022; 10: 1488. DOI: 10.3390/life12101488.
21. Корсаков А.В., Крюкова А.Е., Трошин В.П., Милушкина О.Ю., Лагерева Д.Г. Первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями шейки матки населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях (2000-2020 гг.). Гигиена и санитария. 2023;1:14–21.
22. Хомич В.А. Экология городской среды. Омск: СибАДИ, 2002. 267 с.
23. Проектирование и озеленение населенных мест / Сост.: Е.Н. Габилова, В.К. Мухортова. Персиановский: ДонГАУ, 2018. 199 с.

## References:

1. Sysenko N.G., Titkov A.A., Reichert N.D. On the ecological friendliness of electric vehicles. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2022. P. 2. (In Russ)
2. Toylybaev A.E., Seysen S. Electric car – transport of the future. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2018. P. 1. (In Russ).
3. Oil and ecology. Will electric cars save us? (2021). Available at: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_HbEI-2n5AQ](https://www.youtube.com/watch?v=_HbEI-2n5AQ) (accessed 22 November 2023).
4. Electric cars: Crime Against Humanity (2023). Available at: [https://www.youtube.com/watch?v=tqC\\_OQD7BVQ&t=46s](https://www.youtube.com/watch?v=tqC_OQD7BVQ&t=46s) (accessed 22 November 2023).
5. Tesla Model 3 54 kWh Standart Range Plus (04.2019 – 11.2021) – technical specifications (2023). Available at: [https://www.drom.ru/catalog/tesla/model\\_3/252762/](https://www.drom.ru/catalog/tesla/model_3/252762/) (accessed 22 November 2023).

6. Chevrolet Camaro 2.0 AT Black Edition (06.2019 – 07.2020) – technical specifications (2023). Available at: <https://www.drom.ru/catalog/chevrolet/camaro/261053/> (accessed 22 November 2023).
7. EU tightens CO<sub>2</sub> emission standards: carmakers don't know how to achieve it (2023). Available at: <https://www.zr.ru/content/news/915452-evrosoyuz-uzhestochil-normy-vybro/> (accessed 22 November 2023).
8. KAMAZ 65115 (6×4) refuelling truck (2023). Available at: <https://avtoalfa.com/tehspravochnik/gruzoviki/kamaz/65115-10/> (accessed 22 November 2023).
9. Oil and gas giants set a target to reduce greenhouse gas emissions by 2025 (2023). Available at: <https://www.interfax.ru/world/717746#:~:text=20,%D0%B1%D0%B0%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8C> (accessed 22 November 2023).
10. Lukanin V.N., Trofimenko Yu.V. Industrial and transport ecology; Ed. V.N. Lukanina. Moscow: Vysshaya shkola, 2003. 273 p. (In Russ)
11. Pavlova E.I., Novikov V.K. Ecology of transport. Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. 416 p. (In Russ)
12. Larionov M.V. Biological indication of the surface layer of the atmosphere in terms of suburban and urban landscapes. Problems and monitoring of natural ecosystems. 2014. P. 7–8. (In Russ).
13. Larionov M.V. Biomonitoring of the air basin of the residential development zones in the towns of the Saratov and Volgograd Oblasts. *Nauchnaya zhizn'*. 2015;1:195–200. (In Russ).
14. Larionov M.V., Larionov N.V. Content of the technogenic heavy metals in the ground layer of air in the urbanized areas of the Volga Region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012;2: 366. (In Russ).
15. Larionov N.V., Larionov M.V. On the state of the air basin within the urban systems of the Middle Volga Region. *Vestnik OGU*. 2009; 12:53–54. (In Russ).
16. Sukhov F.I., Popov V.G., Bolandova Yu.K., Borovkov Yu.N., Churyukina S.V. Ensuring environmental safety in high-speed ground transport. Moscow: RUSAINS, 2023. 168 p. (In Russ).
17. Trofimenko Yu.V., Evgeniev G.I. Ecology. Transport structure and environment. Moscow: *Akademiya*, 2019. 400 p. (In Russ).
18. Milushkina O.Yu., Markelova S.V., Kirillova A.V. Assessment of the formation of healthy lifestyle skills among students of non-medical colleges. *Sovremennye problem ekologii i zdaravookhraneniya*. Irkutsk, 2023. P. 92–95. (In Russ).
19. Milushkina O.Yu., Skoblina N.A., Devrishov R.D., Kudryasheva I.A., Khorosheva I.V. The risk of the impact of in-school and out-of-school factors on the health of schoolchildren. *Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki*. 2023;1: 46–62. (In Russ).
20. Korsakov A.V., Kryukova A.E., Troshin V.P., Milushkina O.Y., Lagerev D.G. Cervical and endometrial cancer incidence in the female population from the Bryansk region living in conditions of chemical, radioactive and combined environmental contamination (2000–2020). *Zhizn*. 2022. № 10. С. 1488. DOI: 10.3390/life12101488.
21. Korsakov A.V., Kryukova A.E., Troshin V.P., Milushkina O.Yu., Lagerev D.G. Primary incidence of cervical cancer in the population living in ecologically disadvantaged areas (2000–2020). *Gigiena i sanitariya*. 2023. V. 102. No 1. P. 14–21. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-1-14-21. (In Russ).
22. Khomich V.A. Ecology of the urban environment. Omsk: SibADI, 2002. 267 p. (In Russ).
23. Design and landscaping of populated areas / Compiled by: E.N. Gabibova, V.K. Mukhortova. Persianovsky: DonSAU, 2018. 199 p. (In Russ).

УДК 574.34

## РОЛЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОСИСТЕМ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шугаипова Л.Р.<sup>1</sup>, Кулагин А.А.<sup>2</sup>, Серова О.В.<sup>1</sup>, Исхаков Ф.Ф.<sup>1</sup>, Ушаридзе А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы», Уфа, Россия

<sup>2</sup>Южно-Уральское Межрегиональное управление Росприроднадзора, Уфа, Россия

Развитие промышленности привело к крупномасштабным разрушениям экосистем, которые были вызваны открытой добычей полезных ископаемых. Эти антропогенные процессы предоставляет возможность для изучения процессов ренатурализации территорий, начиная с первичной сукцессии. Исследование проводилось в 2012 году на двух крупных прикарьерных территориях в Челябинской области. Для определения процессов ренатурализации на двух различных участках провели флористическую инвентаризацию в радиусе 5000 метров от карьеров. Благодаря различному периоду деятельности карьеров удалось изучить процесс зарастания сукцессий при неодинаковых условиях. На этапе инвентаризации растений было понятно, что повторяемость видов растений встречается довольно часто, несмотря на большой ареал проведения исследования.

На исследуемых территориях прослеживалось выраженное отличие показателей обилия видов и проективного покрытия в зависимости от периода эксплуатации карьера. Для 1-го объекта (карьер вблизи пос. Томино) общее количество видов составило 69 наименований, также характерно резкое увеличение видов растений уже на расстоянии 500 м от карьера, проективное покрытие выросло до 100% на таком же расстоянии. Для 2-го объекта (карьер вблизи г. Кыштым) общее

количество видов составило 31 наименование, также характерно увеличение видов растений, но на расстоянии 1000 м от карьера, проективное покрытие выросло лишь до 50% на таком же расстоянии.

**Ключевые слова:** сукцессии, ренатурализация, карьер, пробные площади, флористическая инвентаризация, проективное покрытие.

**Для цитирования:** Шугаипова Л.Р., Кулагин А.А., Серова О.В., Исхаков Ф.Ф., Ушаридзе А.С. Роль травянистых растений в восстановлении экосистем нарушенных земель. Медицина труда и экология человека. 2024;2:163-174.

**Для корреспонденции:** Шугаипова Линара Равильевна, ФГБОУ ВО БГПУ им.М.Акумоллы, преподаватель кафедры экологии, географии и природопользования, lika4.husainova@yandex.ru.

**Финансирование:** работа выполнена на средства гранта «О проведении конкурса научных работ и инновационных проектов, выполняемых студентами, аспирантами и научно-педагогическими работниками».

**Конфликт интересов:** конфликт интересов отсутствует.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10211>

## THE ROLE OF HERBACEOUS PLANTS IN RESTORING ECOSYSTEMS OF DISTURBED LANDS

Shugaipova L.R. <sup>1</sup>, Kulagin A.A. <sup>2</sup>, Serova O.V. <sup>3</sup>, Iskhakov F.F.<sup>1</sup>, Usharidze A.S. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> The Aknulla Bashkirian State Teachers Training University, Ufa, Russia

<sup>2</sup>South Ural Interregional Department of Rosprirodnadzor, Ufa, Russia

The development of industry has led to large-scale destruction of ecosystems, which were caused by open-pit mining. These anthropogenic processes provide an opportunity to study the processes of renaturalization of territories, starting with primary succession. The study was conducted in two large border areas in the Chelyabinsk region in 2012. To determine the processes of renaturalization at two different sites, a floral inventory was carried out within a radius of 5,000 meters from the quarries. Due to the different period of activity of the quarries, it was possible to study the process of overgrowth of successions under different conditions. At the stage of the plant inventory, it was clear that the repeatability of plant species is quite common, despite the large area of the study.

In the studied areas, there was a pronounced difference in the indicators of abundance of species and projective coverage, depending on the period of operation of the quarry. For the 1st object (quarry near the village Tomino) the total number of species amounted to 69 names, and a sharp increase in plant species is also characteristic already at a distance of 500 m from the quarry, and the projective coverage increased to 100% at the same distance. For the 2nd object (a quarry near Kyshtym), the total number of species amounted to 31 names, an increase in plant species is also characteristic, but at a distance of 1000 m from the quarry, and the projective coverage increased only to 50% at the same distance.

**Keywords:** succession, renaturalization, quarry, trial areas, floral inventory, projective coverage.

**Citation:** Shugaipova L.R., Kulagin A.A., Serova O.V., Iskhakov F.F., Usharidze A.S. The role of herbaceous plants in restoring ecosystems of disturbed lands. Occupational health and human ecology. 2024; 2:163-174.

**Correspondence:** Linara R. Shugaipova, lecturer at the Department of Ecology, Geography and Environmental Management of the Aknulla Bashkirian State Teachers Training University, lika4.husainova@yandex.ru

**Financing:** The work was carried out using the grant "On holding a competition of scientific works and innovative projects carried out by students, graduate students and scientific and pedagogical workers."

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10211>

В современных терминах часто говорят о промышленной революции, начавшейся во второй половине XVIII века, которая описывает переход от экономики, основанной на сельском хозяйстве, к экономике, в которой доминирует обрабатывающая промышленность. Однако промышленные процессы имеют гораздо более долгую историю, и их можно проследить до бронзового века и даже раньше, особенно до добычи полезных ископаемых [1]. Мы также можем рассматривать сельское хозяйство как отрасль промышленности, поскольку это тоже добыча сырьевых ресурсов, хотя и в несколько иной форме. Поэтому, когда мы говорим о промышленности, мы подразумеваем очень широкий спектр процессов и видов деятельности. Общим для всех этих процессов является тот факт, что производство товаров из сырьевых ресурсов создает побочные



Черная металлургия	5	4	2	3	3	1	3	3
Цветная металлургия	5	4	2	3	3	1	2	2,9
Целлюлозно-бумажная	4	5	2	2	2	0	2	2,4
Химическая	5	5	3	3	3	1	3	3,3
Энергетика	4	4	2	2	2	1	2	2,4
Горнодобывающая	4	4	4	3	3	4	4	<b>3,7</b>
Транспорт	4	3	1	3	2	1	2	2,3

\*Сила воздействия: 5 – очень сильное, 4 - сильное, 3 - среднее, 2 - слабое, 1 – спорадическое, 0 - отсутствие воздействия.

\*Strength of impact: 5 - very strong, 4 - strong, 3 - average, 2 - weak, 1 - sporadic, 0 - no impact.

Баллы были рассчитаны на основе экспертной оценки, а для ландшафтов балл рассчитывается как среднее арифметическое значений баллов всех компонентов природной среды [10]. Таким образом, рассчитав средний балл, можно утверждать, что наиболее сильное негативное воздействие на окружающую среду оказывает горное производство, хотя отдельные отрасли промышленности могут оказывать более сильное воздействие на некоторые природные компоненты и ландшафты [11].

**Цели и задачи исследования.** Необходимо провести инвентаризацию произрастающих растений на исследуемой территории; проанализировать полученные данные и оценить степень антропогенного влияния на прилегающую территорию.

Земли, нарушенные или уничтоженные в результате добычи полезных ископаемых и подобной деятельности, являются неизбежной частью цивилизации. Мы унаследовали большую территорию от прошлого, и разрушения продолжаются по настоящее время. Результатом является уничтоженная почва и растительность. Естественный процесс зарастания дает представление о естественных процессах первичной сукцессии. Зарастание носит как детерминированный, так и случайный характер [12]. Развитие экосистем требует значительных усилий. Многие участки, оставшиеся для естественного зарастания, представляют значительную экологическую ценность. Но естественное зарастание происходит медленно, и развитию экосистем обычно требуется помощь. В настоящее время относительно легко устранить большинство факторов, ограничивающих развитие и заполнение территории растительными сообществами.

Масштабное разрушение экосистем, вызванное открытой добычей полезных ископаемых, предоставляет возможность для изучения процессов

фиторемедиации, начиная с первичной сукцессии. Удивительно, но за несколько десятилетий и без каких-либо мер по восстановлению большинство из этих участков самопроизвольно превратились бы в ценную биотопную мозаику со многими видами растений, находящимися под угрозой исчезновения [13].

Динамика численности видов растений определяется не только процессами, основанными на местных нишах, но и процессами регионального расселения. Все чаще признается, что доступность семян также может быть основным ограничивающим фактором («ограничением семян») в проектах экологического восстановления. Степень ограниченности семян, вероятно, зависит от обилия видов в региональном семействе видов и специфических особенностей распространения видов растений [14]. Важность обоих факторов по своей сути трудно изучать экспериментально, поскольку пространственные и временные масштабы часто слишком малы для отслеживания редких событий расселения на большие расстояния.

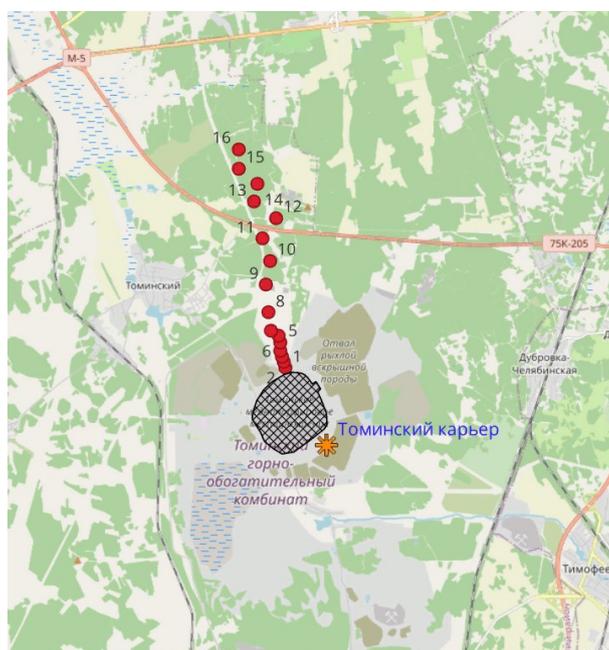
**Материалы и методы.** В нашем исследовании мы использовали дополнительный подход, в рамках которого изучали расселение на большие расстояния (до 5000 м), рассматривая крупномасштабные районы открытой добычи полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых открытым способом привела к уничтожению многих ценных экосистем, таких как леса и луга. После процессов активной индустриализации на территории Южного Урала образовалось огромное количество карьеров, некоторые работают и по сей день [15]. Удивительно, но без мер по восстановлению участки спонтанно развивались в течение десятилетий от «лунных ландшафтов» до ценных биотопных мозаик с различными сообществами лугопастбищных угодий, кустарников и редколесий. Территория самих карьеров состоит преимущественно из лишенной растительности сырой почвы, что благоприятствует появлению видов-пионеров или видов, не способных конкурировать в целом, и в случае, когда карьер будет не работающим, зарастание будет происходить по бортам карьера стремительно быстро.

**Результаты.** Начиная с 2012 года на открытом прикарьерном участке были собраны исчерпывающие флористические данные в Челябинской области (пос. Томино). Основной целью было изучить процессы ренатурализации нарушенных территорий и выработать рекомендации по дальнейшему планированию восстановления. Одновременно крупномасштабная добыча полезных ископаемых открытым способом предоставила уникальную возможность наблюдать первичную сукцессию т.к. на момент начала исследования разработка карьера

только начиналась. В ходе предварительных исследований стало очевидно, что виды растений увеличиваются в разнообразии и могут преодолевать расстояния до нескольких километров, т.к. имели частую повторяемость на пробных площадях [16].

Для территории Томинского горно-обогатительного комбината (рис.1) характерны лугово-степные ценозы, березовые, осиново-березовые и сосновые боры, остепененные луга и участки злаковых степей [17].

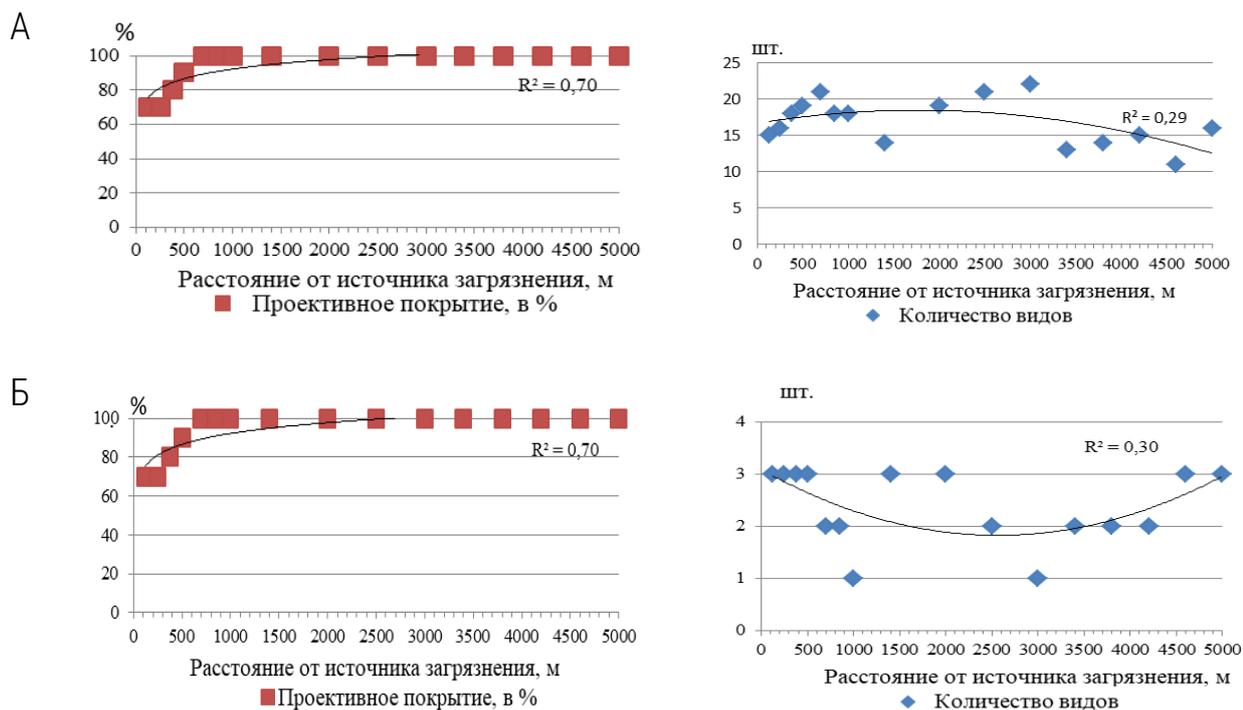
На исследуемой территории доминирующими являлись виды: *Betula pendula* (250 м - 5000 м), *Tilia cordata* (850 м - 5000 м), *Populus tremula* (до 5000 м), *Astragalus helmii* (850 м - 5000 м), *Petasites radiatus* (до 5000 м), *Cypripedium calceolus* (850 м - 5000 м), *Convolvulus arvensis* (2000 м - 5000 м), *Trifolium montanum* (до 3000 м), *Stipa pennata* (250 м - 5000 м), *Potentilla anserina* (до 5000 м), *Vincetoxicum hirundinaria* (850 м - 5000 м), *Erigeron podolicus* (до 5000 м), *Euphorbia virgata* (735 м - 5000 м), *Plantago stepposa kuprian* (до 5000 м), *Artemisia absinthium* (до 5000 м), *Eryngium planum* (850 м - 5000 м), *Achillea millefolium* (до 5000 м), *Cichorium intybus* (125 м - 5000 м), *Carduus acanthoides* (735 м - 5000 м), *Rumex confertus* (до 5000 м).



**Рис. 1.** Расположение пробных площадей (ПП1-ПП16) на территории карьера ОАО «Томинский ГОК», пос. Томинский

**Fig. 1.** Location of sample plots (PP1-PP16) in the area of the quarry of JSC Tominsky GOK, village. Tominsky

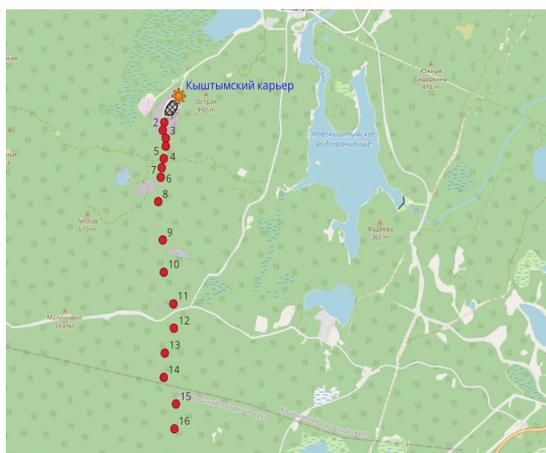
Анализ растительного покрова на территории горно-обогатительных комбинатов позволил оценить распределение количества растений, в том числе и древесных видов, на расстоянии от 125 метров от источника загрязнения окружающей среды до 5000 метров, а также рассмотреть изменение площади проективного покрытия (рис. 2). Для каждой пары показателей был вычислен коэффициент корреляции, показывающий степень влияния источника загрязнения от расстояния.



**Рис. 2.** Количественные изменения видов травянистых растений (А) и древесных видов (Б), изменения проективного покрытия в зоне влияния горно-обогатительного комбината в пос. Томинский (Челябинская область).

**Fig. 2.** Quantitative changes in the types of herbaceous plants (A) and woody species (B), and changes in the projective cover in the zone of influence of the mining and processing plant in the village. Tominsky (Chelyabinsk region).

Для сравнения было проведено исследование в этом же регионе. В качестве объекта исследования был выбран карьер, добыча на котором велась более 50 лет [18] (рис.3).

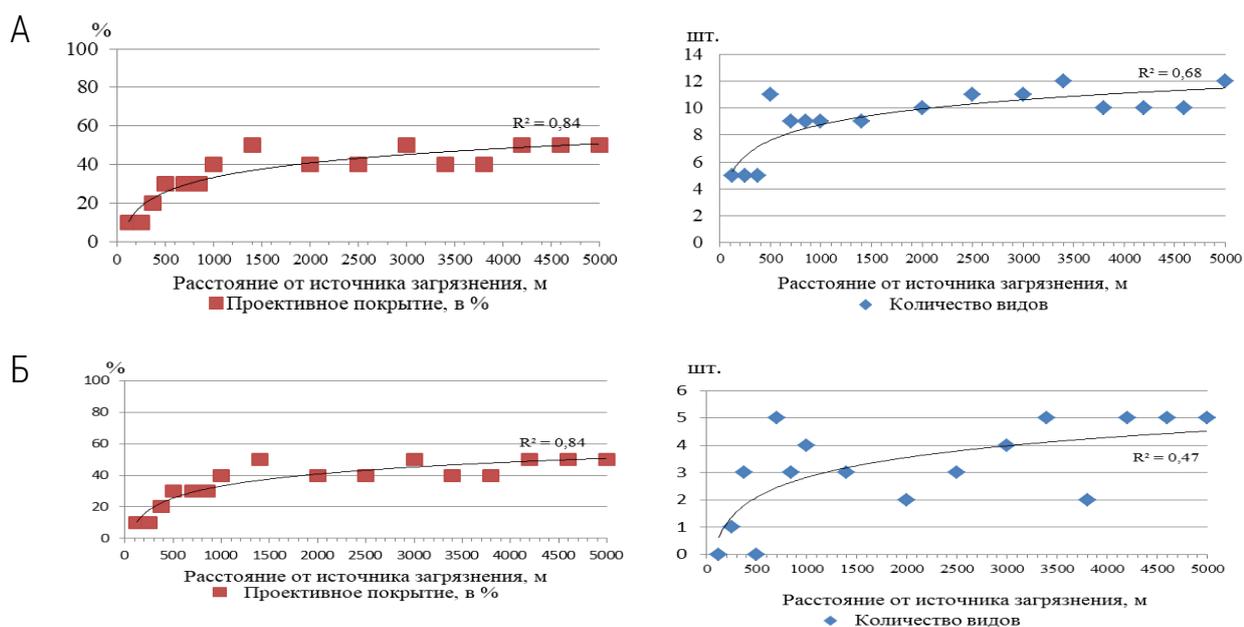


**Рис. 3.** Расположение пробных площадей (ПП1-ПП16) на территории карьера ОАО «Кыштымский ГОК», г. Кыштым

**Fig. 3.** Location of sample plots (PP1-PP16) on the territory of the quarry of OJSC "Kyshtym Mining and Processing Plant", Kyshtym

На территории горно-обогатительного комбината г. Кыштым преобладают сосновые леса со значительной долей других хвойных и лиственных деревьев: береза, сосна, вяз. Богата и разнообразна и травянистая растительность, наиболее часто встречаются: клевер, молочай, подорожник, полынь, чертополох, щавель и др. Доминирующими являлись виды: *Betula pendula* (375 м - 5000 м), *Ulmus laevis* (375 м - 5000 м), *Picea obovata* (375 м - 5000 м), *Ligustrum vulgare* (375 м - 5000 м), *Potentilla anserina* (375 м - 5000 м), *Trifolium montanum* (375 м - 5000 м), *Arctium lappa* (до 5000 м), *Linaria vulgaris* (до 5000 м), *Elytrigia repens* (700 м - 5000 м), *Achillea millefolium* (500 м - 5000 м).

Установлено, что количество видов травянистых и древесных растений в зоне влияния Кыштымского карьера незначительно увеличивается при удалении (рис. 4), а также ярко выражен низкий показатель площади проективного покрытия, который не превышает 50 % как у травянистых, так и у древесных видов растений на всем протяжении исследуемого участка. Такая особенность распространения растений связана с длительной и активной деятельностью комбината и большой протяженностью карьера.



**Рис. 4.** Количественные изменения видов травянистых растений (А) и древесных видов (Б), изменения проективного покрытия в зоне влияния горно-обогатительного комбината в г. Кыштым (Челябинская область).

**Fig. 4.** Quantitative changes in the types of herbaceous plants (A) and woody species (B), and changes in the projective cover in the zone of influence of the mining and processing plant in the town of Kyshtym (Chelyabinsk region).

**Обсуждение.** Создание древесно-кустарниковых и травянистых фитоценозов на этих площадях имеет важное экологическое значение, обеспечивающее повышение устойчивости техногенного ландшафта и увеличение его видового биоразнообразия. В ходе дальнейшего развития «искусственного» фитоценоза структура и состав его усложняются, далее возникают элементы естественных фитоценозов, относящиеся к зональному типу растительного покрова [19]. Под влиянием растительности происходят процессы, свойственные почвообразованию в конкретных биоклиматических условиях, в частности накопление органического вещества. Образование гумусовых веществ – специфических органических соединений, свойственных почвам, является важнейшим признаком первичного почвообразовательного процесса – начального этапа формирования почвенного профиля [20]. Восстановление измененных территорий подразумевает воссоздание всех их компонентов. Достигнуть наилучшего эффекта возможно только в случае, если в разработке решения проблемы будет учитываться эколого-экономический аспект.

**Заключение.** Независимо от наших результатов важно иметь в виду, что добыча полезных ископаемых открытым способом разрушает целые ландшафты со всеми задействованными экосистемами. Функциональные экосистемы, особенно когда их трудно восстановить, не должны разрушаться в результате добычи полезных ископаемых. Все вмешательства путем добычи полезных ископаемых должны компенсироваться целенаправленными мерами по восстановлению. Следовательно, важно изучить, как можно компенсировать ущерб от добычи полезных ископаемых и какая стратегия восстановления может привести к наилучшему возможному результату. В умеренном климате одним из методов восстановления земель, занятых поверхностными разработками, может быть выделение крупномасштабных территорий, зарезервированных для спонтанной сукцессии [21]. Во фрагментированных ландшафтах крупномасштабные первичные места обитания открывают возможность зарастания для оставшихся популяций.

#### Список литературы:

1. Jensen JR. Remote Sensing of the environment: An Earth Resource Perspective, Prentice Hall, 2000.544 p.
2. Калабин ГВ. Экодинамика территорий освоения георесурсов России.2012.314с.
3. Дончева АВ. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. Лесная промышленность.1978.96с.
4. Пасынкова МВ. Формирование растительности на отвалах Бускульского месторождения огнеупорных глин. Растения и промышленная среда.1978.С.26-32.
5. Калабин ГВ. Количественная оценка динамики растительного покрова нарушенных территорий в зоне влияния горнопромышленных комплексов с помощью сопряженного дистанционного и наземного мониторинга. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2011.№ 4.С.144-153.
6. Масюк НТ. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных видах в местах произведенной добычи полезных ископаемых.1974.247с.
7. Маслов АА. Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ.1990.57с.
8. Махонина ГИ. К характеристике начальных этапов почвообразования при естественном зарастании отвалов Веселовского бурогоугольного месторождения.1978.343 с.
9. Косинова ИИ. Оценка влияния эксплуатации горнопромышленных предприятий КМА на геоэкологическое состояние прилегающих территорий.1993.55с.
10. Шадрунова ИВ. Физико-химическая технология освоения хвостохранилищ обогатительных фабрик, перерабатывающих колчеданные руды. *Экологические проблемы промышленных регионов*. 2003. №9.С.302- 304.
11. Дребенштедт К. Современная эколого-экономическая концепция горной промышленности. *Экономика региона*.2013.№1(33).С.105 – 122.

12. Tseytlin EM. Features of environmental hazard assessment of mining enterprises. 2012. -p. 809-819.
13. Гильмутдинова РА. К вопросу об использовании и переработке отходов горно-обогатительных комбинатов Южного Урала. *Успехи современного естествознания*.2017.№2.С.68-73.
14. Ковалев СГ, Кулагин АЮ. Природные ресурсы: Учебное пособие. 2012.308 с.
15. Андреева МА. Природа Челябинской области.2002.269с.
16. Шугаипова ЛР, Кулагин А.А., Шулепов А.В. Экологические особенности формирования флористического состава в зоне влияния карьеров Южного Урала. *Лесной вестник*.2022.Т.26.№6.С. 99–105.
17. Оценка воздействия на окружающую и социальную среду ЗАО «Томинский ГОК».2013.178с.
18. Годовой отчет за 2014 ОАО «Кыштымского горно-обогатительного комбината».2015.9с.
19. Bradshaw AD. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 2000. p.1–17.
20. Андроханов ВА. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка.2010.224с.
21. Бачурин БА. Отходы горно-обогатительного производства как источники эмиссии органических поллютантов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*.2009.№7.С.374-380.

## References:

1. Jensen JR. Remote Sensing of the environment: An Earth Resource Perspective, Prentice Hall.2000.544 p.
2. Kalabin G.V. Ecodynamics of georesource development territories of Russia. 2012. 314p. [In Russ].
3. Doncheva A.B. Landscape in the area affected by industry. *Lesnaya promyshlennost'*. 1978. [In Russ].
4. Pasynkova M.V. Formation of vegetation on the dumps of the Buskulsky refractory clay deposit. *Rasteniya i promy`shlennaya sreda*.1978. P.26-32. [In Russ].
5. Kalabin G.V. Quantitative assessment of the dynamics of vegetation cover in disturbed areas in the zone of influence of mining complexes using coupled remote and ground-based monitoring. *Fiziko-tekhicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2011;4:144-153. [In Russ].
6. Masyuk N.T. Features of the formation of natural and cultural phytocenoses on overburden mountain species in places of mining.1974. 247 p. [In Russ].
7. Maslov A.A. Quantitative analysis of the horizontal structure of forest communities.1990. 57 p. [In Russ].
8. Makhonina G.I. To characterize the initial stages of soil formation during natural overgrowing of dumps of the Veselovsky lignite deposit. 1978. 343 p. [In Russ].
9. Kosinova I.I. Assessment of the impact of the operation of mining enterprises of the KMA on the geo-ecological state of the adjacent territories. 1993. 55p. [In Russ].

10. Shadrinova IV. Physico-chemical technology for the development of tailings dumps of processing plants processing sulfide ores. *E`kologicheskie problemy` promy`shlenny`x regionov*. 2003;9:302-304. [In Russ].
11. Drebenshtedt K. Modern ecological and economic concept of the mining industry. *E`konomika regiona*. 2013;1(33):105 – 122. [In Russ].
12. Tseytlin E.M. Features of environmental hazard assessment of mining enterprises. 2012. p.809-819. [In Russ].
13. Gilmutdinova R.A. On the issue of using and processing waste from mining and processing plants of the Southern Urals. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017;2:68-73. [In Russ].
14. Kovalev S.G, Kulagin AYu. Natural resources: Textbook. 2012. 308p. [In Russ].
15. Andreeva M.A. Nature of the Chelyabinsk region. 2002. 269 p. [In Russ].
16. Shugaipova L.R, Kulagin A.A, Shulepov A.V. Ecological features of the formation of floristic composition in the zone of influence of quarries of the Southern Urals. *Lesnoj vestnik*. 2022;26(6):99–105. [In Russ].
17. Assessment of the impact on the environment and social environment of Tominsky GOK CJSC. 2013. 178 p. [In Russ].
18. Annual report for 2014 of OJSC Kyshtym Mining and Processing Plant. 2015. 9 p. [In Russ].
19. Bradshaw AD. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 2000. p.1–17.
20. Androkhonov V.A. Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment. 2010. 224 p. [In Russ].
21. Bachurin B.A. Waste from mining and processing production as a source of emission of organic pollutants. *Gorny`j informtscionno-analiticheskij byulleten`*. 2009;7:374-380. [In Russ].

Поступила/Received: 10.01.2024

Принята в печать/Accepted: 08.04.2024

УДК 681.51, 614.7

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Ширяева М.А.<sup>1</sup>, Науменко Н.О.<sup>2</sup>, Карпенко Н.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Федеральный научный центр гигиены ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Москва, Россия

Сбросы должны соответствовать действующему законодательству и нормативам для каждого водопользователя. При сбросах учитываются гидрологические характеристики водотока для определения допустимой интенсивности сбросов. Целью является минимизация антропогенного воздействия на водный объект. Для контроля сбросов на источниках водосбросов устанавливаются датчики, фиксирующие факты наличия загрязнения.

**Цель исследования** – разработка программного продукта для гидрологического мониторинга в целях контроля сбросов загрязняющих веществ в водный объект.

**Материалы и методы.** В ходе работы использовались программы Google Earth Pro, Microsoft Excel, датчик расхода воды на базе платы Arduino UNO с авторской доработкой (хвостовым оперением и встроенным плагином для расчета скорости течения), Python и следующие библиотеки: Pandas, Scikit-learn, Matplotlib и Seaborn для машинного обучения. Прогностические расчеты: использование гидродинамических законов (законы Навье-Стокса и Фика) для прогнозирования распространения загрязняющих веществ.

**Результаты.** Проведен мониторинг загрязнения воды в реке Ока по химическим и микробиологическим показателям. На основе прогностических расчетов по гидродинамическим законам, законам Навье-Стокса и Фика машина обучена графически представлять уровни загрязнения воды различными элементами и составлять прогнозный сценарий изменения концентрации загрязняющих веществ на период, равный 10 лет. По результатам обучения добились точности 95,91%.

**Ограничения исследования.** Разработанное оборудование требует поверки и длительного проведения экспериментальной части в целях получения более точных данных. Машина обучена на ограниченном наборе данных и может не быть точной для всех возможных сценариев.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о загрязнении воды в реке Ока. Предложена методика проведения замеров скоростей течения и построение эпюр расходов воды на водотоках с целью поиска источника сбросов загрязняющих веществ посредством беспилотного надводного аппарата.

Фиксация превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в водном объекте указывает на свершившийся факт нарушения. Разработана нейросеть, основанная на машинном обучении с целью ускоренного эффективного прогноза загрязнения водного объекта. Прогнозный сценарий предоставляет ценную информацию о потенциальном изменении концентрации загрязняющих веществ в будущем. Эти результаты могут использоваться для разработки мер по улучшению качества воды в реке Ока и защите экосистемы реки.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, прогноз качества воды, машинное обучение, анализ данных, программирование, Python.

**Для цитирования:** Ширяева М.А., Науменко Н.О., Карпенко Н.П. Применение инновационных технологий гидрологического мониторинга в целях прогнозирования качества воды водного объекта. Медицина труда и экология человека. 2024; 2:175-190.

**Для корреспонденции:** Ширяева Маргарита Александровна, младший научный сотрудник отдела гигиены воды ФБУН ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, e-mail: Shiryaeva.ma@fncg.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10212>

## INNOVATIVE HYDROLOGICAL MONITORING TECHNOLOGIES FOR WATER BODIES QUALITY PROGNOSING

Shiryaeva M.A.<sup>1</sup>, Naumenko N.O.<sup>2</sup>, Karpenko N.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of Rospotrebnadzor, Mytishi, Russia

<sup>2</sup> The Kostyakov Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

**Introduction.** The discharges must comply with the current legislation and regulations for each water user. Hydrological properties of a stream are taken into account to determine permissible intensity of discharges. The aim is to optimize the anthropogenic effect on the water body. To control discharges, sensors are installed at spillway sources to record contaminants' presence.

**The aim of the research** is to elaborate a software product for hydrological monitoring in order to control discharges of pollutants into a water body.

**Materials and Methods.** Google Earth Pro, Microsoft Excel, water flow sensor based on Arduino UNO board with author's modification (tail feathering and built-in plugin for

calculation of flow velocity), Python and the following libraries were used: Pandas, Scikit-learn, Matplotlib and Seaborn for machine learning. Prognostic calculations: Using hydrodynamic laws (Navier-Stokes and Fick's laws) to prognose the pollutant distribution.

**Results.** Monitoring of water pollution in the Oka River by chemical and microbiological indicators was carried out. On the basis of prognostic calculations according to hydrodynamic, Navier-Stokes and Fick's laws, the machine was trained to graphically represent the levels of water pollution by various elements and to make a prognostic scenario of changes in the concentration of pollutants for a period of 10 years. The machine was trained and achieved an accuracy result of 95.91%.

**Research limitations.** The developed machine requires verification and a long experimental part in order to obtain more accurate data. The machine is trained on a limited data set and may not be accurate for all possible scenarios.

**Conclusion.** The obtained data indicate water pollution in the Oka River. The methodology of measuring flow velocities and plotting water discharge patterns in watercourses in order to find the source of pollutant discharges by means of an unmanned surface vehicle is proposed. Fixation of exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in a water body indicates a fait accompli. A neural network based on machine learning has been developed for accelerated efficient prognosis of water body pollution. The prognosis scenario provides valuable information about the potential change in pollutant concentration in the future. These results can be used to develop measures to improve water quality in the Oka River and protect the river ecosystem.

**Keywords:** artificial intelligence, water quality prediction, machine learning, data analysis, programming, Python

**Citation:** Shiryayeva M.A., Naumenko N.O., Karpenko N.P. Innovative hydrological monitoring technologies for water bodies quality prognosing. Occupational health and human ecology. 2024; 2:175-190.

**Correspondence:** Margarita A. Shiryayeva, junior researcher at the Department of water hygiene of the Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of Rospotrebnadzor, e-mail: Shiryayeva.ma@fncg.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10212>

Сбросы загрязняющих веществ в водотоки осуществляются в рамках действующего экологического законодательства и нормативных актов для каждого отдельного водопользователя [1]. В период сбросов должны учитываться гидрологические характеристики водотока с целью определения коэффициента смешивания, т.е. выявляется допустимая интенсивность сбросов загрязняющих веществ, при которой на водный объект будет оказано минимальное антропогенное воздействие [2, 3]. В целях контроля сбросов загрязняющих веществ на источниках водосбросов надзорными органами устанавливаются датчики, фиксирующие факты наличия стоков загрязнения в конкретный момент времени [4, 5]. В случае возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) в виде превышения допустимых значений концентраций загрязняющих веществ в воде надзорными органами в первую очередь отмечаются факты стоков загрязнений в предполагаемый период от водопользователей, в том числе путем сопоставления перечней обнаруженных веществ с данными о сбросах водопользователей [6]. Таким образом, на практике фиксируется нарушитель, после чего против водопользователя применяются штрафные санкции. Однако при отсутствии данных о сбросах загрязняющих веществ водопользователями (отсутствие фактов сбросов загрязняющих веществ до и в период ЧС) возникают вопросы по поиску нарушителя [7,8]. Если водоток оборудован большой сетью гидрологических постов, то найти нарушителя по данным изменения расходов воды в реке не составит труда. В противном случае поиск нарушителя (возможно, официально не зарегистрированного водопользователя) существенно осложняется, так как необходимо привлекать большой объем сил и средств для исследования не только водотока, но и водосборной территории в целом. Объект исследования: река Ока. Река берет свое начало на Среднерусской возвышенности, а ее устье расположено в Нижнем Новгороде. Длина Оки составляет около 1500 км, а площадь бассейна - 245 000 км<sup>2</sup>. Ока имеет порядка 120 больших и малых притоков, самым крупным из них является Москва-река, которая играет ключевую роль в экологическом состоянии водного объекта [9].

**Материалы и методы.** Предварительно для прогнозирования проводится мониторинг на водном объекте. Немаловажную роль в эффективности мониторинга занимает расположение контрольных точек для сбора данных [10]. На рисунке обозначена предложенная авторами, примерная схема установки модульных метеостанций, где красные кружки – это приборы, зеленый сектор составляет как раз 400 км<sup>2</sup>, а голубой – зона пересечения наблюдений 2 станций

(рис.1). Схему расположения именно таким способом было принято решение рассмотреть с целью экономии средств, при минимальных потерях в эффективности. Выполнив математические расчеты, можно точно определить необходимое число приборов для всей водосборной территории [11].

Расстояния между модульными станциями составят:

$$l_1 = 21,6\sqrt{2} = 30,5 \text{ км}; \quad \text{и} \quad l_2 = 21,6 \cdot 2 = 43,2 \text{ км}.$$

Теперь можно определить площадь пересечения наблюдений 2 станций:

$$F = 2 \cdot \left( \frac{21,6^2 \cdot \Pi}{4} - \frac{21,6^2}{2} \right) = \frac{21,6^2 \cdot \Pi}{2} - \frac{2 \cdot 21,6^2}{2} = \frac{21,6^2(\Pi - 2)}{2} \approx 266 \text{ км}^2.$$

По рисунку видно, что каждые 2 станции имеют одно общее пересечение, 3 станции имеют 2 общих пересечения и так далее. Исходя из этого, можно найти необходимое количество метеостанций для всей водосборной территории. Для этого составлено уравнение [12]. За  $n$  возьмем число оборудований на  $400 \text{ км}^2$ , значит количество пересечений между станциями площадью  $266 \text{ км}^2$  будет  $n-1$ .

Отсюда получается уравнение:

$$400n + 266(n - 1) = 245\,000 \text{ км}^2,$$

$$n \approx 368 \text{ единиц}.$$

Значит, для покрытия всей территории бассейна реки Оки и ведения эффективного мониторинга за климатическими, гидрохимическими и микробиологическими характеристиками потребуется 368 единиц модульных станций.

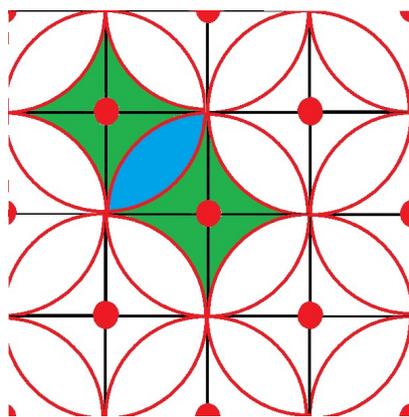


Рис. 1. Схема расположения модульных метеостанций

Figure 1. Location scheme of module meteorological stations

Для машинного обучения прогноза химического и микробиологического анализа воды был выбран участок у города Рязань.

Для машинного обучения необходимо:

- данные – результаты испытаний по метеорологическим, химическим и микробиологическим показателям (в качестве примера взяты показатели БПК<sub>5</sub>, ХПК, аммиак, КОЕ);
- признаки – результаты прошлых исследований;
- алгоритм – подбор и применение методов машинного обучения, от которого зависит точность и скорость работы.
- разработанная модель – будет помогать в первую очередь прогнозировать состояние поверхностных вод как поверхностного источника водоснабжения по гигиеническим и экологическим показателям, а также рекомендовать предприятиям и иным источникам загрязнения меры по снижению попадания веществ в водный объект [13,14].

В ходе работы использовались программы *Google Earth Pro*, *Microsoft Excel*, надводный беспилотный аппарат авторской разработки, эхолот *Garmin Striker Cast GPS*, датчик расхода воды на базе платы *Arduino UNO* с авторской доработкой (хвостовым оперением и встроенным плагином для расчета скорости течения).

Для написания плагина для датчика расхода воды на базе платы *Arduino UNO* выведена формула преобразования данных расходов в скорость течения. Определен диаметр входного и выходного отверстия датчика, который составил 11,9 мм. Соответственно для определения скорости течения (м/с) из расхода воды (л/с) в плагин преобразования данных прописаны следующими формулами:

$$V = \frac{4W}{\pi \times D^2 \times 1000}, \quad (1)$$
$$V = \frac{4W}{\pi \times 0,0119^2 \times 1000},$$

где  $\pi = 3,14$ ,  $W$  – исходные данные датчика расхода воды в (л/с),  $D$  – диаметр сечения входного и выходного отверстия датчика.

Датчик расхода воды, интегрированный для замеров скоростей течения в работе, оборудован хвостовым оперением для инерциального изменения своего направления в зависимости от направления течения воды в толще и на поверхности. Предполагается свободное крепление датчика с помощью кольца или хомута к якорному тросу беспилотника в целях его устойчивости на определенной вертикали и глубине так, как показано на рисунке 2 [15,16,17].

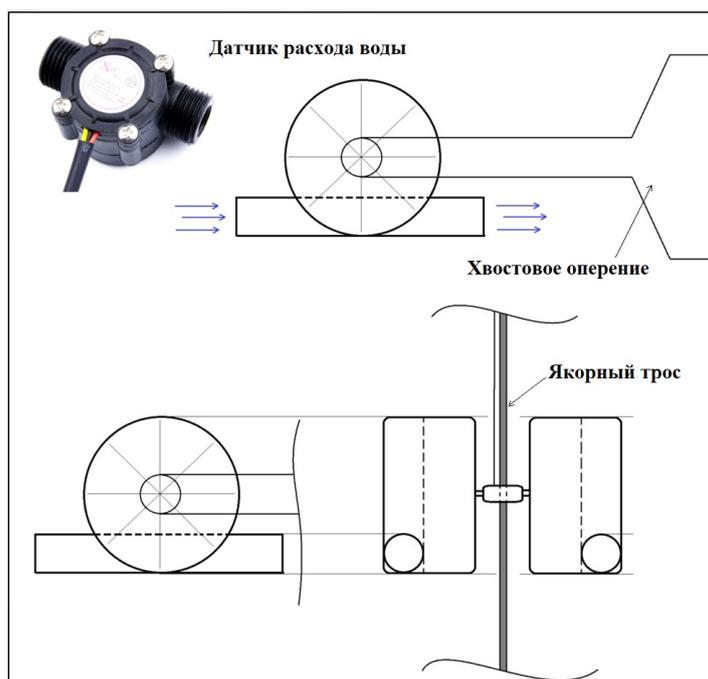


Рис. 2. Устройство датчика расхода воды

Figure 2. Device of the water flow sensor

Хвостовое оперение для готового датчика скоростей течения в открытом русле изготовлено из экологически чистого и устойчивого к физическим нагрузкам пластика поливинилхлорида (ПВХ пластик).

В ходе тестовых испытаний определено, что указанный датчик рекомендуется использовать только при замерах скоростей течения, не превышающих 5,5 м/с, в противном случае произойдет некорректная передача данных. Датчик расхода воды выдает погрешность при скоростях течения выше 5,5 м/с, так как плата не может передавать сигнал на данной частоте вращения лопасти, затрудняется считывание сигнала материнской платы. Однако проблема может быть решена установкой более дорогостоящего датчика.

**Результаты.** Проведена сравнительная оценка качества воды реки Ока как поверхностного источника водоснабжения. Оценка основана на средних многолетних значениях 52 контрольных показателей (органолептических, микробиологических, химических). Дополнительно оценен процент проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, в створах трех водозаборов г. Рязани за 2012-2019 гг. Вода, взятая с водозабора Соколовского, имела меньшую среднюю многолетнюю концентрацию аммиака в размере 0,48 мг/л, что оказалось значительно ниже, чем в водозаборах Окского и Борковского - в 1,6 и 2,1 раза соответственно ( $p < 0,05$ ). При этом почти в каждой пятой пробе,

отобранной в створе Борковского водозабора, регистрировались концентрации аммиака, превышающие ПДК, тогда как аналогичный показатель для Окского водозабора был в 2,8 раза меньше и составил 7,5%. Ни в одной разовой пробе воды в контрольной точке Соколовского водозабора превышений ПДК ионов аммония не регистрировалось. Статистически значимых различий в средних многолетних значениях ХПК и БПК<sub>5</sub> в водах рассматриваемых водозаборов выявлено не было, а процент разовых проб, в которых указанные показатели не соответствовали гигиеническим требованиям, находился в пределах 22,7–32,5% и 61,8–75,0%. Исследование показало, что среднее содержание ОКБ в водах Окского и Борковского водозаборов составило соответственно 813,3 КОЕ/100 мл и 818,9 КОЕ/100 мл и было в 1,5 раза выше аналогичного показателя в контрольном створе Соколовского водозабора ( $p < 0,05$ ) (рис.3).

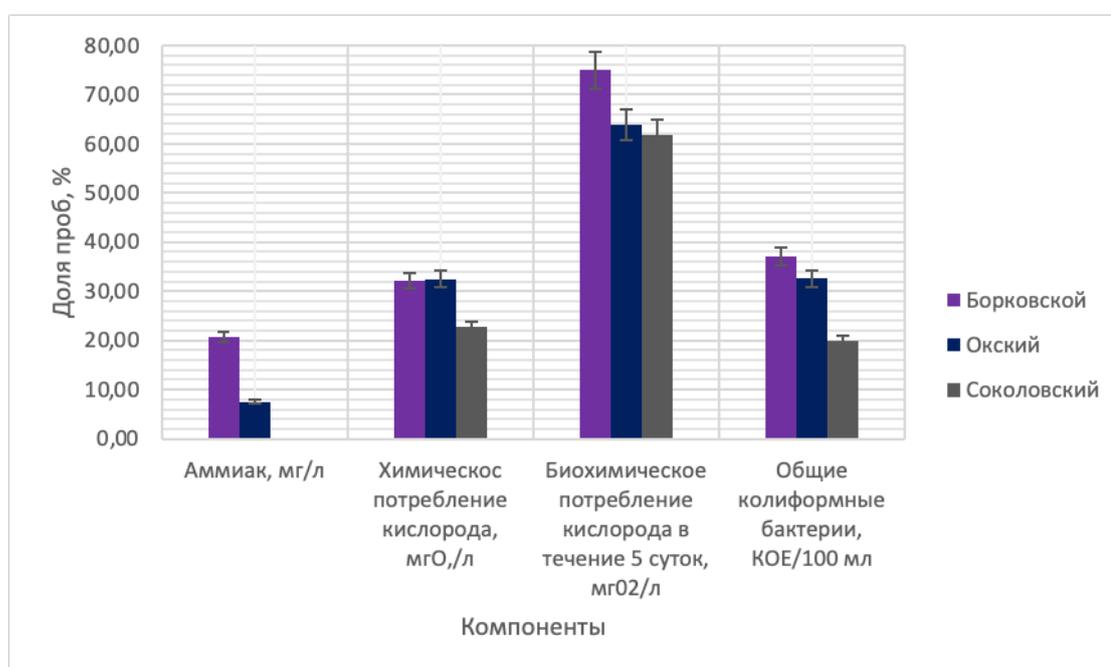


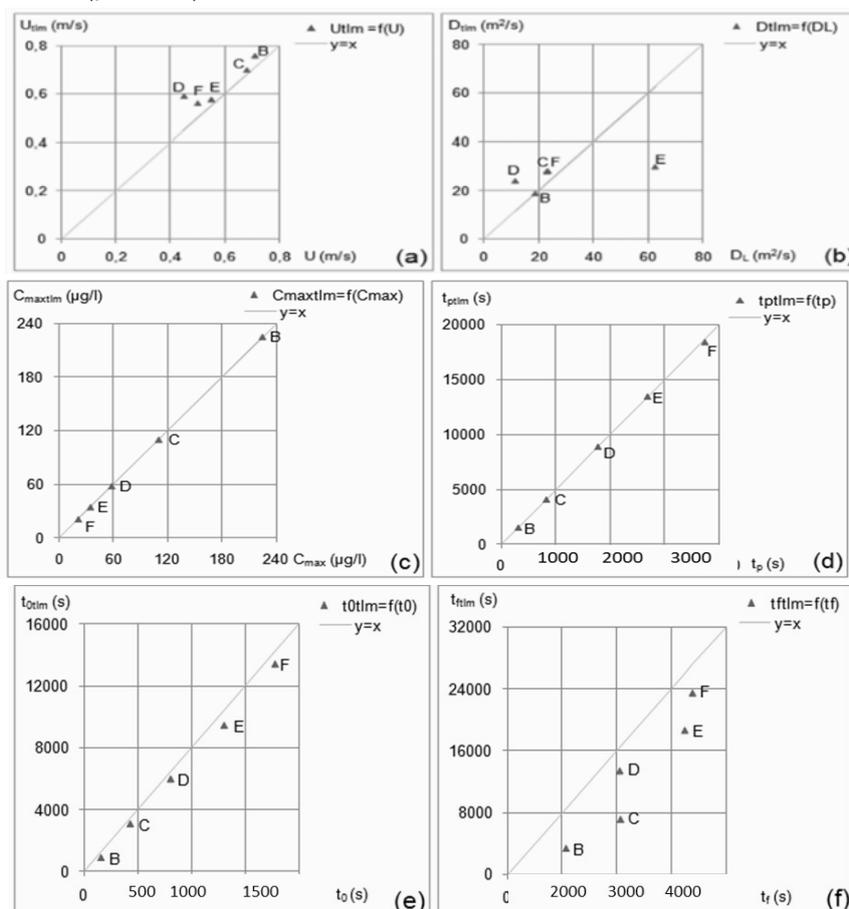
Рисунок 3. Доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, %

Figure 3. Percentage of samples not complying with hygienic standards, %

### Машинное обучение

Полученная нейросеть обучена для прогноза движения, тепломассопередачи и распространения загрязнителей текучей среды с целью моделирования с помощью уравнений Навье-Стокса, которые заложены в коде Python [18,19]. При помощи библиотек Pandas, Matplotlib и Seaborn был подготовлен оптимальный dataset для обучения машины. Программой были построены диаграммы рассеяния для

скорости потока, коэффициента продольной дисперсии, максимальной концентрации, времени пика, начала и окончания загрязнения (рис.4). Согласно рисунку, диаграмма рассеяния показывает, что все экспериментальные значения завышены со средней процентной ошибкой, равной 8%. Первый эксперимент показал, что модель правильно выводит наблюдаемые значения, но значительно завышает прогноз (рис.4а).



**Рис. 4.** Диаграммы рассеяния для (а): скорость потока; (b): коэффициент продольной дисперсии; (c): максимальная концентрация; (d): время пика; (e): время начала загрязнения; (f): время окончания загрязнения

**Figure 4.** Scatter plots for (a): flow rate; (b): longitudinal dispersion coefficient; (c): maximum concentration; (d): peak time; (e): contamination start time; (f): contamination stop time

На рисунке 4b прогнозируемые коэффициенты продольной дисперсии нанесены на график в сравнении с наблюдаемыми. Модель дает хорошую оценку коэффициента продольной дисперсии. Коэффициент продольной дисперсии зависит от ширины и глубины реки; таким образом, это сильно зависит от

геометрии реки. Следовательно, разница между прогнозируемыми и наблюдаемыми коэффициентами продольной дисперсии связана с тем, что наша модель не учитывает геометрию реки.

На рисунке 4с показаны прогнозируемые максимальные концентрации по сравнению с экспериментальными, а на рисунке 4d представлено сравнение прогнозируемых и экспериментальных значений времени максимальной концентрации (время пика). Диаграмма разброса на рисунке 4с показывает, что модель правильно предсказала все максимальные концентрации с нулевой средней процентной ошибкой. Диаграмма разброса на рисунке 4d показывает, что максимальное время концентрации, предсказанное моделью, хорошо согласуется с полученным экспериментально. Основная роль модели загрязнителя состоит в том, чтобы правильно определить степень загрязнения (максимальную концентрацию и время ее пика) на заданном расстоянии; представленная оригинальная модель удовлетворяет этому требованию.

На рисунках 4е, 4f представлено сравнение прогнозируемых и экспериментальных значений времени начала и конца загрязнения соответственно. Диаграммы рассеяния показывают, что модель немного занижает время начала загрязнения и значительно занижает время окончания загрязнения.

Модель была обучена с использованием библиотеки Scikit-Learn и показала результат точности 95,91%. Программа представляет результат в графическом виде и выдает вероятность того или иного события на основе прогнозного расчета по уравнениям Навье-Стокса.

Данные измерений, полученные с датчика, могут быть записаны на электронный накопитель либо при наличии интернет-соединения переданы оператору для обработки, вычисления расходов воды и построения эпюр в автоматизированном режиме, так как показано на примере (рисунок 5).

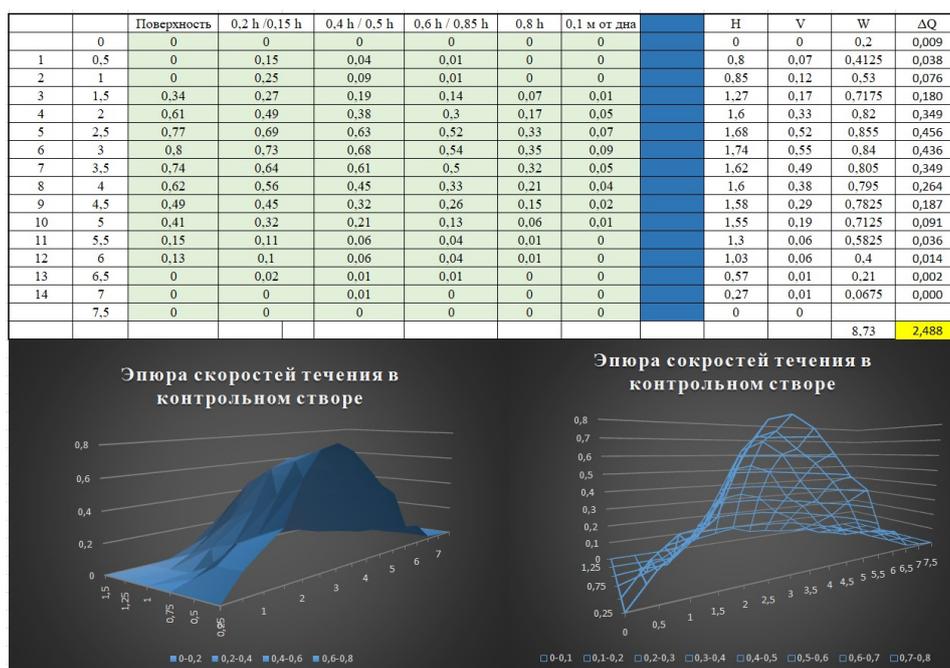


Рис. 5. Пример обработки данных, полученных датчиком скоростей течения

Figure 5. Data processing example of data obtained by flow velocity sensor

Таким образом, в створе предполагаемого водотока может быть получена площадь сечения русла (8,73 м<sup>2</sup>) и расход воды в контрольном створе (2,49 м<sup>3</sup>/с).

В целях поиска источника сброса загрязняющих веществ контрольные створы для измерений расходов воды можно устанавливать в хаотичном порядке, что при выявлении разницы в показателях (расходов) позволит максимально точно определять местоположение «несанкционированного» водопользователя.

Кроме того, хаотичная установка контрольных створов при высокой частоте их распределения позволит строить актуальные карты или 3D-модели с данными скоростей течения воды в руслах рек или каналах. В случаях тщательного индивидуального исследования водотока (при различных фактических уровнях воды и времен года) построенные карты скоростей течения позволят решать следующие задачи в области охраны окружающей среды:

1. Определение зон санитарной охраны (ЗСО). Карты скоростей течения позволят определять границы ЗСО водных объектов, используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.
2. Определение и контроль за качеством воды. Скорость течения воды влияет на перемешивание и распределение веществ в водотоке. Актуальные карты позволяют оценить, как быстро загрязнения могут распространяться и повлиять на изменение качества воды.

3. Проведение научных гидрологических и экологических исследований. Наличие актуальных данных скоростей течения позволяет изучать влияние водных потоков на экосистемы, что в свою очередь помогает принимать меры по сохранению биоразнообразия и предотвращению негативных последствий для окружающей среды. В области гидрологии и водного хозяйства актуальные данные водотоков дают возможность эффективно планировать меры по предотвращению наводнений, а также разрабатывать стратегии для устойчивого управления водными ресурсами.

**Обсуждение.** Машинное обучение и инновационное автоматизированное оборудование необходимо для мониторинга поверхностных и подземных вод в гидрологических целях и для исследования динамики загрязнения водных объектов. Машинное обучение делает мониторинг наиболее эффективным, точным и оперативным. Инновационные датчики расходов и скоростей способствуют высокотехнологичному подходу к измерению параметров водной среды. Так, к примеру, ученые из МГУ [20] с помощью нейросети построили прогнозные модели реки Сетунь, выявили участки и периоды времени, фиксирующие наибольшие показатели мутности воды. Однако модель работает на ограниченном наборе данных и прогноз рассчитан на учет загрязнения водного объекта взвешенными частицами.

Существующие датчики измерения скоростей и расходов воды, имея высокую эффективность, являются дорогостоящими. Наполнение элементарных датчиков сложными элементами считается трудоемким и экономически невыгодным [21, 22]. Авторская разработка датчика с хвостовым оперением и встроенным плагином для расчета скорости течения является высокоэффективной в практическом применении и с точки зрения экономики.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о загрязнении воды в реке Ока. Предложена методика проведения замеров скоростей течения и построения эпюр расходов воды на водотоках с целью поиска источника сбросов загрязняющих веществ посредством беспилотного надводного аппарата. В связи с высокой степенью водообмена на водотоках наличие пробы воды с превышенными значениями ПДК не дает гарантии выявления нарушителя. В частности, если водопользователь отсутствует в базе надзорных органов, то подтвердить его вину становится практически невозможным без наличия исчерпывающей доказательной базы. При наличии широкой сети гидрологического мониторинга на

водотоках проблема в доказательной базе была бы исчерпывающая, однако в зависимости от протяженности реки частая установка гидрологических постов по экономическим и людским соображениям невозможна. В таком случае в качестве альтернативного варианта дополнения гидрологических наблюдений может быть использован беспилотный корабль, способный снимать данные в любом контрольном створе по усмотрению оператора. Прогнозный сценарий предоставляет ценную информацию о потенциальном изменении концентрации загрязняющих веществ в будущем. Эти результаты могут использоваться для разработки мер по улучшению качества воды в реке Ока и защите экосистемы реки.

### Список литературы:

1. Науменко Н.О., Жезмер В.Б., Новиков А.В. и др. Разработка автоматизированной системы мониторинга безопасности гидротехнических сооружений. Потаповские чтения-2019. 2019 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38550338>
2. Науменко Н.О. Введение рационального нормирования на объемы сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, с целью поддержания устойчивости экосистемы. Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. 2019. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42331309>
3. Лагутина Н.В., Науменко Н.О., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Оценка качества вод Рыбинского водохранилища вследствие снижения уровня вод. Природообустройство. 2019; 2: 122-126. DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-122-126
4. Бадагуев Б.Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы. 2-е изд., пер. и доп. / Б.Т. Бадагуев. М.: Альфа-Пресс, 2018. <https://opac.nsuem.ru/mm/2013/000176762.pdf>
5. Лурье П.М., Панов В.Д., Саломатин А.М. Гидрология и сток. СПб.: Гидрометеиздат, 2001.
6. Орлов А.И., Федосеев В.Н. Проблемы управления экологической безопасностью. Менеджмент в России и за рубежом. 2000;6:78-86.
7. Саркисов О.Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Юриспруденция». М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. <https://djvu.online/file/Jz5CWItMIYxBy>
8. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1974.
9. Буданова К.Т. Теория и методология географических наук. Орел: Орл. госуд. ун-т, 2003.

10. Раткович Л. Д. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем: монография / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Институт природообустройства им. А. Н. Костякова. Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/2277.pdf>.
11. Карпенко Н.П., Ломакин И.М., Дроздов В.С. Вопросы управления геоэкологическими рисками при оценке качества подземных вод на урбанизированных территориях. Природообустройство. 2019; 5:106-111.
12. Евграфов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебно-методическое пособие. М.: РГАУ-МСХА, 2015.
13. Литвинова, А. А., Дементьев, А. А., Ляпкало, А. А., Коршунова, Е. П. Сравнительная характеристика показателей качества воды реки Оки в местах водозаборов хозяйственно-питьевой системы водоснабжения города Рязани. Российский медико-биологический вестник имени академика ИП Павлова. 2022;Т 30(4):481-488.
14. Жолдакова З. И., Синицына О. О., Турбинский В. В. О корректировке требований к зонам санитарной охраны источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Гигиена и санитария. 2021;Т. 100(11):1192-1197.
15. Карпенко Н. П., Ширяева М. А. Трехмерное моделирование как система отображения суммарного химического загрязнения почв. Природообустройство. 2021;1: 6-14.
16. Лагутина Н.В., Науменко Н.О., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Оценка качества вод Рыбинского водохранилища вследствие снижения уровня вод. Природообустройство. 2019;2:122-125.
17. Науменко Н.О. Введение рационального нормирования на объемы сбросов загрязняющих веществ в водные объекты с целью поддержания устойчивости экосистемы. Материалы VI научно-практической конференции молодых ученых «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». М.: ФГБНУ ВНИРО, 2018.
18. Бадагуев Б.Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы. 2-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2018.
19. Лурье П.М., Панов В.Д., Саломатин А.М. Гидрология и сток. СПб.: Гидрометеиздат, 2001.
20. Чалов С. Р., Морейдо В. М., Денисова И. С., Солоников И. Высокочастотный мониторинг и модели машинного обучения для оценки синоптической изменчивости стока взвешенных наносов малой городской реки. Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023; Т. 5(1):59-74. DOI: <https://doi.org/10.34753/HS.2023.5.1.59>

21. Калыгулов А., Жандияр Е. Цифровизация учета воды на оросительных каналах мелиоративных систем= Digitalization of water metering in irrigation channels of reclamation systems. 2024. URI документа <https://rep.bstu.by/handle/data/42891>
22. Эргашев О. М. Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для учета и контроля расхода воды в открытых каналах. *Al-Farg'oniyy avlodlari*. 2023; Т. 1(4): 60-65. DOI <https://zenodo.org/records/10333174>

### References:

1. Naumenko N.O., Zhesmer, V.B., Novikov A.V. et al. Development of an automated system for monitoring the safety of hydraulic structures. *Potapov Readings-2019: Collection of proceedings*. Moscow: Izd-vo MISI-MGSU, 2019. (In Russ).
2. Naumenko N.O. Introduction of rational rationing on the volume of pollutant discharges into water bodies in order to maintain the stability of the ecosystem. *Proceedings of the VI scientific and practical conf. of young scientists 'Modern problems and prospects of development of fishery complex'*. MOSCOW: FGBNU VNIRO, 2018. (In Russ).
3. Lagutina N.V., Naumenko N.O., Novikov A.V., Sumarukova O.V. Estimation of water quality of the Rybinsk reservoir due to water level decrease. *Prirodoobustrojstvo* 2019; 2: 122-125. (In Russ).
4. Badaguiev B.T. Ecological safety of the enterprise. Orders, acts, instructions, journals, regulations, plans. 2nd ed., per. and ext. Moscow: Alfa-Press, 2018. (In Russ).
5. Lurie P.M., Panov V.D., Salomatin A.M. Hydrology and runoff. SPb.: Gidrometeoizdat, 2001. (In Russ).
6. Orlov A.I., Fedoseev V.N. Problems of ecological safety management. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2000; 6: 78-86. (In Russ).
7. Sarkisov, O.R. Environmental safety and environmental legal problems in the field of environmental pollution: Textbook for university students studying in the speciality 'Jurisprudence'. M.: UNITY-DANA, 2017. (In Russ).
8. Rozhdestvenskiy A.V., Chebotarev A.I. Statistical methods in hydrology. L: Gidrometeoizdat, 1974. (In Russ).
9. Budanova K.T. Theory and Methodology of Geographical Sciences. Orel: Orel State University, 2003. (In Russ).
10. Ratkovich, L. D. Issues of rational use of water resources and design justification of water management systems: a monograph / L. D. Ratkovich, V. N. Markin, I. V. Glazunova; Russian State Agrarian University - K. A. Timiryazev MSHA (Moscow), A. N. Kostyakov Institute of Nature Management. Moscow: K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University - K. A. Timiryazev MSHA, 2014. [Electronic resource]. Access mode: <http://elib.timacad.ru/dl/full/2277.pdf>. (In Russ).

11. Karpenko N.P., Lomakin I.M., Drozdov V.S. Issues of geoecological risk management in the assessment of groundwater quality in urbanised areas. *Prirodoobustrojstvo*. 2019;5:106-111. (In Russ).
12. Evgrafov A.V. Metrology, standardisation and certification: textbook. M.: RGAU-MSHA, 2015. (In Russ).
13. Litvinova, A. A. A., Dementiev, A. A., Lyapkalo, A. A., Korshunova, E. P. Comparative characteristics of water quality indicators of the Oka River in the places of water intakes of the household drinking water supply system of the city of Ryazan. *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika IP Pavlova*. 2022; T. 30(4): 481-488. (In Russ).
14. Zholdakova Z. I., Sinitsina O. O., Turbinsky V. V. V. On the adjustment of requirements for the sanitary protection zones of sources of centralised household and drinking water supply to the population. *Gigiena i sanitariya*. 2021; T. 100(11): 1192-1197. (In Russ).
15. Karpenko N. P., Shiryayeva M. A. Three-dimensional modelling as a system for displaying the total chemical pollution of soils. *Prirodoobustrojstvo*. 2021;1: 6-14. (In Russ).
16. Lagutina N.V., Naumenko N.O., Novikov A.V., Sumarukova O.V. Estimation of water quality of Rybinsk reservoir due to water level decrease. *Prirodoobustrojstvo*. 2019;2:122-125. (In Russ).
17. Naumenko N.O. Introduction of rational rationing on the volume of pollutant discharges into water bodies in order to maintain the sustainability of the ecosystem. Proceedings of the VI scientific and practical conference of young scientists 'Modern problems and prospects of development of fishery complex'. MOSCOW: FGBNU VNIRO, 2018. (In Russ).
18. Badaguiev B.T. Ecological safety of the enterprise. Orders, acts, instructions, journals, regulations, plans. 2nd ed., per. and ext. Moscow: Alfa-Press, 2018. (In Russ).
19. Lurie P.M., Panov V.D., Salomatin A.M. Hydrology and runoff. SPb.: Gidrometeoizdat, 2001. (In Russ).
20. Chalov S. R., Moreido V. M., Denisova I. S., Solonikov I. High-frequency monitoring and machine learning models for assessment of synoptic variability of suspended sediment load runoff of a small urban river. *Gidrosfera. Opasnye processy i yavleniya*. 2023;T5(1): 59-74. (In Russ). DOI: <https://doi.org/10.34753/HS.2023.5.1.59>
21. Kalygulov A., Zhandiyar E. Digitalization of water metering in irrigation channels of reclamation systems. 2024. URI of the document <https://rep.bstu.by/handle/data/42891> (In Russ).
22. Ergashev O. M. Intellectual optoelectronic device for metering and control of water flow in open canals. *Al-Farg'oniy avlodlari*. 2023;V.1.(4):60-65. (In Russ). DOI <https://zenodo.org/records/10333174>

Поступила/Received: 16.04.2024

Принята в печать/Accepted: 27.05.2024

УДК 615.9

## ИЗМЕНЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ЭФФЕКТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС

Рябова Ю.В.<sup>1,3</sup>, Кунгурцева А.К.<sup>1</sup>, Петрунина Е.М.<sup>1</sup>, Никогосян К.М.<sup>1</sup>, Клинова С.В.<sup>1</sup>, Минигалиева И.А.<sup>1,3</sup>, Сутункова М.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, безопасной дозы свинца не существует, даже малые его концентрации могут оказывать негативный эффект на нервную систему. Следовательно, актуальной становится задача повышения резистентности организма к негативному воздействию этого тяжелого металла.

**Цель исследования:** оценка воздействия свинца изолированно и на фоне физической нагрузки на центральную нервную систему крыс, а также снижение этого вредного действия с помощью мер биологической профилактики.

**Материалы и методы.** Интоксикация моделировалась 6-недельным повторным внутрибрюшинным воздействием ацетата свинца на самцов белых крыс в разовой дозе 11 мг/кг массы тела. В качестве физической нагрузки выступал вынужденный бег на тредмиле со скоростью 25 м/мин (10 мин/день, 5 дней/неделю). Часть животных получала с питьем и кормом биопрофилактический комплекс, подобранный исходя из различных механизмов действия свинца на организм. По окончании экспозиционного периода проводили поведенческие тесты, косвенно характеризующие состояние центральной нервной системы животных, и оценивали гистоморфометрические показатели головного мозга (зоны СА1, СА2, СА3 гиппокампа крыс).

**Результаты.** Физическая нагрузка влияла на свинцовую интоксикацию неоднозначно, где-то усиливая и где-то ослабляя ее, что было продемонстрировано изменением поведенческих и гистоморфометрических параметров гиппокампа крыс зон СА1, СА2, СА3. Положительный эффект биопрофилактического комплекса наблюдался в тестах «Открытое поле с норками» и «Темно-светлая камера», а также по следующим показателям: в зонах СА2 и СА3 нормализовалась площадь ядра нейронов, в зонах СА2 и СА3 снизилась доля нейронов с потерей ядрышка в ядре, во всех исследуемых зонах гиппокампа снизилась доля дегенеративно-измененных нейронов.

**Заключение.** Показан защитный эффект биологической профилактики против вредного действия свинца на фоне физической нагрузки на структуру головного мозга. Такая мера может служить инструментом управления риском возникновения патологических состояний центральной нервной системы у экспонированного населения.

**Ключевые слова:** свинец, интоксикация, мышечные нагрузки, нейротоксичность, центральная нервная система, биопрофилактика, биопрофилактический комплекс.

**Для цитирования:** Рябова Ю.В., Кунгурцева А.К., Петрунина Е.М., Никогосян К.М., Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П. Изменение действия свинца на фоне физической нагрузки и эффект биологической профилактики на центральную нервную систему крыс. Медицина труда и экология человека. 2024; 2:191-210.

**Для корреспонденции:** Рябова Юлия Владимировна, заведующий лабораторией научных основ биологической профилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, ryabovayuvl@yandex.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/10.24412/2411-3794-2024-10213>

## CHANGES IN HEALTH EFFECTS OF LEAD EXPOSURE CAUSED BY EXERCISE AND THE IMPACT OF BIOLOGICAL PROPHYLAXIS ON RATS' CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Ryabova Yu.V.<sup>1,3</sup>, Kungurtseva A.K.<sup>1</sup>, Petrunina E.M.<sup>1</sup>, Nikogosyan K.M.<sup>1</sup>, Klinova S.V.<sup>1</sup>, Minigalieva I.A.<sup>1,3</sup>, Sutunkova M.P.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>The Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

**Introduction.** According to the World Health Organization, the no-observed-adverse-effect-level of lead is nonexistent and even its small concentrations can negatively affect the nervous system. Consequently, the task of increasing the body resistance to harmful effects of this heavy metal becomes urgent.

The **purpose** of our study was to assess the effects of lead, alone and in combination with exercise, on the central nervous system of rats and to reduce its detrimental impact using means of biological prophylaxis.

**Materials and methods.** Toxicity was modeled by 6-week repeated intraperitoneal instillation of lead acetate to male albino rats at a single dose of 11 mg/kg body weight. Forced treadmill running at a speed of 25 m/min (10 min/day, 5 days/week) was included in the experiment as exercise. Some of the animals received a bioprophylactic complex composed given various mechanisms of effect of lead with feed and drink. At the end of the exposure period, we conducted behavioral tests indirectly characterizing the state of the central nervous system of the animals, and evaluated histomorphometric parameters of the brain (CA1, CA2, and CA3 regions of the rat hippocampus).

**Results.** Physical activity had varying effects on lead poisoning, either strengthening or weakening it to a certain extent, which was demonstrated by changes in the behavioral and histomorphometric parameters of the hippocampus of rats in the CA1, CA2, and CA3 regions. Beneficial effects of the bioprophylactic complex were evidenced by the hole-board test, light-dark box test, and the following laboratory findings: normalization of the area of neuron nuclei in CA2 and CA3 regions, a decrease in the proportion of neurons with missing nucleolus in the nucleus in CA2 and CA3 regions, and a reduced proportion of degenerated neurons in all regions of the hippocampus tested.

**Conclusion.** We have demonstrated the protective effect of biological prophylaxis against the adverse effects of lead combined with physical stress on the structure of the brain. Such a measure can serve as a tool for managing risks of central nervous system disorders in the exposed population.

**Keywords:** lead, toxicity, exercise, neurotoxicity, central nervous system, bioprophylaxis, bioprophylactic complex.

**Citation:** Ryabova Yu.V., Kungurtseva A.K., Petrunina E.M., Nikogosyan K.M., Klinova S.V., Minigalieva I.A., Sutunkova M.P. Changes in health effects of lead exposure caused by exercise and the impact of biological prophylaxis on rats' central nervous system.

Occupational health and human ecology. 2024; 2:191-210.

**Correspondence:** Yuliya V. Ryabova, Cand. Sc. (Medicine), Head of the Laboratory of Scientific Fundamentals of Biological Prophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, 620146, Yekaterinburg, Russia, E-mail: ryabovayuvl@yandex.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10213>

Общеизвестно, что свинец не выполняет никакой биологической функции в организме человека. Большинство исследователей сходится во мнении, что

тяжелые металлы (среди которых свинец), воздействующие на структуры нервной системы (далее – НС), способствуют повышенному риску возникновения нейродегенеративных заболеваний и патологических явлений в НС, смежных органах и системах организма, в том числе врожденных пороков и изменений, носящих необратимый характер [1, 2]. Необратимость повреждений обусловлена главным образом воздействием свинца, в том числе на головной мозг, в критические периоды формирования и развития нервных структур, во время беременности и в раннем детском возрасте [3].

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, даже малые концентрации свинца могут оказывать негативное действие, следовательно, безопасной дозы свинца не существует. При этом 30% идиопатических интеллектуальных расстройств возникают по причине воздействия свинца [4]. Трудоспособная часть населения, особенно в регионах с развитой промышленностью, подвержена воздействию не только вредных веществ, но и физической нагрузке, так как условия труда в данной отрасли зачастую характеризуются высокой степенью тяжести трудового процесса. Ряд исследований показал, что токсичность тяжелых металлов существенно усиливается при сочетании их воздействия с физической нагрузкой по сравнению с изолированным воздействием вредных веществ [5, 6]. Важной задачей в области охраны здоровья населения остается предупреждение негативных последствий действия токсичных веществ, однако не всегда профилактические меры позволяют полностью исключить такое воздействие ввиду различных технологических, экономических, региональных причин.

Таким образом, **целью** настоящего исследования является оценка воздействия свинца изолированно и на фоне физической нагрузки на центральную нервную систему крыс и снижение этого вредного действия с помощью мер биологической профилактики.

**Материалы и методы.** Эксперимент был смоделирован на половозрелых аутбредных крысах-самцах собственного разведения со средней массой тела  $253,23 \pm 1,76$  г на начало исследования (разброс между животными не превышал  $\pm 10\%$ ) и возрастом 12-15 недель. Животные содержались в условиях специально организованного вивария, получали полнорационный сбалансированный корм и воду питьевую, доочищенную до первой категории качества (ТУ 11.07.11-006-06786053-2019). В качестве подстилочного материала использовали гранулы кукурузных початков. Средняя температура за день в помещении не выходила за пределы нормы ( $16-22^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности воздуха  $30-70\%$ ).

Проведение эксперимента одобрено локальной комиссией по биоэтике ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (протокол №8 от 08.11.2018).

Животные были поделены на четыре группы случайным образом, по 12 животных в каждой. Первая группа животных являлась контрольной («Контроль»), вторая подвергалась воздействию ацетата свинца («Pb»), третья подвергалась воздействию ацетата свинца на фоне физической нагрузки (ФН) («ФН+Pb»), четвертая подвергалась воздействию на фоне перорального приема биопротекторного комплекса («ФН+Pb+БПК»). В течение 6 недель 3 раза в неделю внутрибрюшинно животным групп «Pb», «ФН+Pb+БПК» и «ФН+Pb» вводили по 2 мл раствора 3-водного ацетата свинца в дозировке 11 мг/кг массы тела, соответствующей 1/20 LD50. Остальные животные получали стерильный физраствор в объеме 2 мл. Моделирование физической нагрузки в соответствующих группах выполняли с использованием тредмила TSE Treadmill System GmbH (TSE Systems International Group, Германия). Животные подвергались вынужденному бегу по 10 минут в день 5 дней в неделю на скорости 25 м/мин в течение 6 недель. Такие параметры бега переносились животными без явных затруднений, что позволило рассматривать этот бег как модель умеренной мышечной работы.

Биопротекторный комплекс на 1 животное включал в себя пектин (200 мг), глутамат натрия (160 мг), N-ацетилцистеин (30 мг), глицин (12 мг), рутин (1,4 мг), кальций (160 мг), магний (1,18 мг), калий (1,32 мг), йод (4 мг), селен (2 мг), витамины А (0,013 мг), Е (5 мг), С (1,4 мг), В6 (0,2 мг), D3 (1,64 мг), а также препарат рыбьего жира с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) класса омега-3 (1 капля, что приблизительно соответствует ПНЖК омега-3 – 13,3 мг). Вышеперечисленные компоненты вводились в рацион животных в виде разрешенных на территории РФ фармакологических препаратов с кормом после физической нагрузки, за исключением глутамата, который давался крысам с питьем в виде 1,5% водного раствора (животные имели свободный доступ к питью).

По завершении экспозиционного периода изучалась поведенческая активность крыс. Все животные перед началом тестов несколько часов проводили в тихом, затемненном помещении без посторонних раздражителей. В это время не допускалось кормление, перемещение и замена животных, а также другие манипуляции с ними. Для получения корректных результатов после каждого животного оборудование обрабатывалось раствором дезинфицирующего и/или дезодорирующего средств. Для оценки поведенческих реакций крыс нами были

использованы следующие методики: открытое поле с норками, приподнятый крестообразный лабиринт, тест на социальное взаимодействие.

В тесте «Открытое поле с норками» лабораторное животное помещалось в центр открытой площадки, наблюдение велось в течение 5 минут с поминутной регистрацией таких показателей, как количество пересеченных квадратов, количество обнюхиваний «норок» и заглядываний в них, вертикальная активность, груминг, акты дефекации.

В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» лабораторное животное во время теста помещалось в центр установки головой к открытому рукаву. Длительность тестирования каждого лабораторного животного составляла 5 минут, что позволяет дать животному время для адаптации, а также выбора стратегии исследования или нахождения в безопасной зоне. В рамках тестирования регистрировались такие показатели, как время, проведенное в темных/светлых рукавах, количество пересечений центра, вертикальная активность, количество выглядываний из темных рукавов.

В тесте «Социальное взаимодействие» экспериментальных животных подвергли суточной социальной изоляции за день до тестирования, параллельно с экспериментальными группами была сформирована группа лабораторных животных того же пола и возраста, которая выступала в качестве социального партнера. Каждое экспериментальное животное и социальный партнер помещались в клетку со свежим чистым подстилом на 10 минут. Регистрировались такие показатели, как избегание социального партнера (отворачивания, отталкивания, игнорирование), количество обнюхиваний социального партнера, груминг социальный/индивидуальный, драки игровые/серьезные и т.д.

По завершении экспозиции после умерщвления животных методом полной декапитации было проведено препарирование с визуальным осмотром внутренних органов, масса которых была зафиксирована. Для дальнейшего гистоморфометрического анализа исследуемые органы фиксировались в нейтральном забуференном 10% формалине Labico (Россия), далее из материала вырезались кусочки толщиной до 4 мм, которые проводились по батарее изопропиловых спиртов фирмы «Химпродукция» (Россия), парафинизировались и заливались в парафиновые блоки компании Biovitrum (Россия). На микротоме изготавливались срезы толщиной 3-4 мкм и далее окрашивались гематоксилином и эозином фирмы Labico. Зоны CA1, CA2 и CA3 гиппокампа определялись анатомически. Изучение гистологических препаратов, их микрофотографирование

и морфометрию проводили с использованием компьютерной программы Zen 3.0 при помощи микроскопа AxioLab.A1 с цветной цифровой камерой AxioCam 208.

**Результаты.** После 6 недель субхронической экспозиции были зафиксированы изменения в поведенческих реакциях крыс в тестах «Открытое поле с норками» и «Темно-светлая камера», но не «Крестообразный лабиринт» и «Социальное взаимодействие» (таблица 1).

**Таблица 1.** Оценка поведенческих реакций крыс контрольной и опытных групп

**Table 1.** Assessment of behavioral reactions of lead-exposed and control rats

Показатель	Группа			
	Контроль	Pb	Pb + ФН	Pb + ФН + БПК
<b>Тест «Открытое поле с норками»</b>				
Количество заглядываний в норки	3,75 ± 1,80	3,25 ± 1,25	1,25 ± 0,63*■	5,50 ± 3,28#
Количество пересеченных квадратов	16,50 ± 5,07	12,25 ± 1,49	4,50 ± 1,55*■	16,75 ± 8,48
Количество свешиваний с платформы	5,25 ± 0,77	3,00 ± 0,38	0,25 ± 0,16*■	2,25 ± 0,67*#
<b>Тест «Темно-светлая камера»</b>				
Время до первого захода в темный отсек	11,50 ± 3,80	8,25 ± 2,29	36,50 ± 19,87	7,25 ± 3,47
Время, проведенное в светлом отсеке	11,75 ± 3,75	14,00 ± 6,42	84,50 ± 65,85	17,50 ± 8,80
Время, проведенное в темном отсеке	288,25 ± 3,75	286,00 ± 6,42	215,50 ± 65,85	282,50 ± 8,80
Количество	3,50 ± 0,50	4,00 ± 0,71	3,50 ± 0,96	5,00 ± 1,35

выглядываний из темного отсека в светлый				
Количество выглядываний из светлого отсека в темный	0,75 ± 0,25	0,75 ± 0,48	1,50 ± 0,87	1,25 ± 0,63
Кол-во вставаний на задние лапы	1,75 ± 0,41	1,75 ± 0,77	5,50 ± 1,64*■	1,75 ± 0,73#
<b>Тест «Крестообразный лабиринт»</b>				
Количество посещений светлого рукава	1,00 ± 0,41	0,75 ± 0,25	0,75 ± 0,25	1,25 ± 0,25
Кол-во посещений темного рукава	1,25 ± 0,25	1,25 ± 0,63	0,75 ± 0,25	0,75 ± 0,25
Длит. пребывания в светлом рукаве	61,25 ± 30,58	55,25 ± 53,60	30,00 ± 25,71	102,75 ± 66,63
Длит. пребывания в темном рукаве	238,75 ± 30,58	169,75 ± 75,73	195,00 ± 69,18	197,25 ± 66,63
Количество пересечений центра	1,25 ± 0,48	0,75 ± 0,75	0,75 ± 0,75	1,00 ± 0,41
Количество вставаний на задние лапы	1,75 ± 0,63	2,00 ± 1,08	2,00 ± 1,08	1,25 ± 0,75
Количество свешиваний с платформы	0,50 ± 0,50	0,00 ± 0,00	0,25 ± 0,25	0,25 ± 0,25

Тест «Социальное взаимодействие»				
Избегание соцпартнера	4,50 ± 0,87	3,00 ± 2,38	6,25 ± 2,66	3,75 ± 1,52
Обнюхивание соцпартнера	11,25 ± 1,44	18,00 ± 6,70	9,00 ± 1,29	12,75 ± 1,92
Грумминг социальный	2,50 ± 1,04	0,50 ± 0,50	0,75 ± 0,48	0,75 ± 1,30
Грумминг индивидуальный	3,50 ± 0,87	1,25 ± 0,75	1,50 ± 0,50	3,00 ± 1,47

Значком \* показаны отличия от контрольной группы, ■ – отличия группы «Pb» от «Pb + ФН», # – отличия группы «Pb + ФН» от «Pb + ФН + БПК»

Notes: \* compared with the controls; ■ comparison between "Pb exposure" and "Pb exposure + Exercise" groups; # comparison between "Pb exposure + Exercise" and "Pb exposure + Exercise + Bioprophylactic complex" groups.

Изменения, выявленные в поведенческих тестах, свидетельствуют о выраженном снижении двигательной и исследовательской активности в тесте «Открытое поле с норками» при воздействии свинца на фоне физической нагрузки, но не при изолированном его действии на организм. При одномоментном приеме биопротекторного комплекса поведение животных практически не отличается от контрольных значений. Результаты теста «Темно-светлая камера» свидетельствуют о повышенной тревожности животных, проявляющейся увеличением числа вставаний за задние лапы и статистически незначимым, но очевидным увеличением времени захода в темный отсек.

При визуальном осмотре головного мозга животных любой из указанных групп патологических изменений не выявлено, масса тела головного мозга животных (относительная и абсолютная) не отличалась от контрольных значений.

При гистологическом исследовании гиппокампа головного мозга животных опытных и контрольной группы было выявлено, что физическая нагрузка влияла на состояние головного мозга неоднозначно. С одной стороны, нормализовалась площадь ядер в зонах CA1, CA2 гиппокампа, снизилась потеря ядрышек в ядре в зоне CA3, с другой – увеличилось число дегенеративно-измененных нейронов во всех исследованных зонах, снизилась толщина слоя в зоне CA2. В некоторых случаях физическая нагрузка не оказывала никакого эффекта (таблица 2).

Изменения в головном мозге крыс, подвергавшихся воздействию свинца как изолированно, так и на фоне физической нагрузки в наибольшей степени, были

выражены в зоне СА2 (таблица 2). Отмечалось умеренное истончение пирамидного слоя зон гиппокампа СА1, СА2, но не СА3. Дегенеративно-измененные нейроны встречались во всех зонах, чаще - в зоне СА2. Не изменилась общая клеточность ни в одном из случаев, площадь ядра клеток снижалась в зонах СА1 и СА2 при изолированном свинцовом воздействии. Наблюдалась потеря ядрышек в ядре, статистически значимая в зонах СА2 и СА3 гиппокампа, но не СА1, где изменения имели характер тенденции.

При приеме биопрофилактического комплекса при экспозиции к свинцу на фоне физической нагрузки отмечалось снижение соотношения дегенеративно-измененных нейронов во всех зонах головного мозга, нормализовалась доля клеток с потерей ядрышек в ядре в зонах СА2 и СА3. Практически не повлияло употребление БПК на толщину слоя, за исключением зоны СА1.

**Таблица 2.** Гистоморфометрические показатели зон гиппокампа головного мозга крыс опытных и контрольной группы

**Table 2.** Histomorphometric parameters of the hippocampal regions of the brain of lead-exposed and control rats

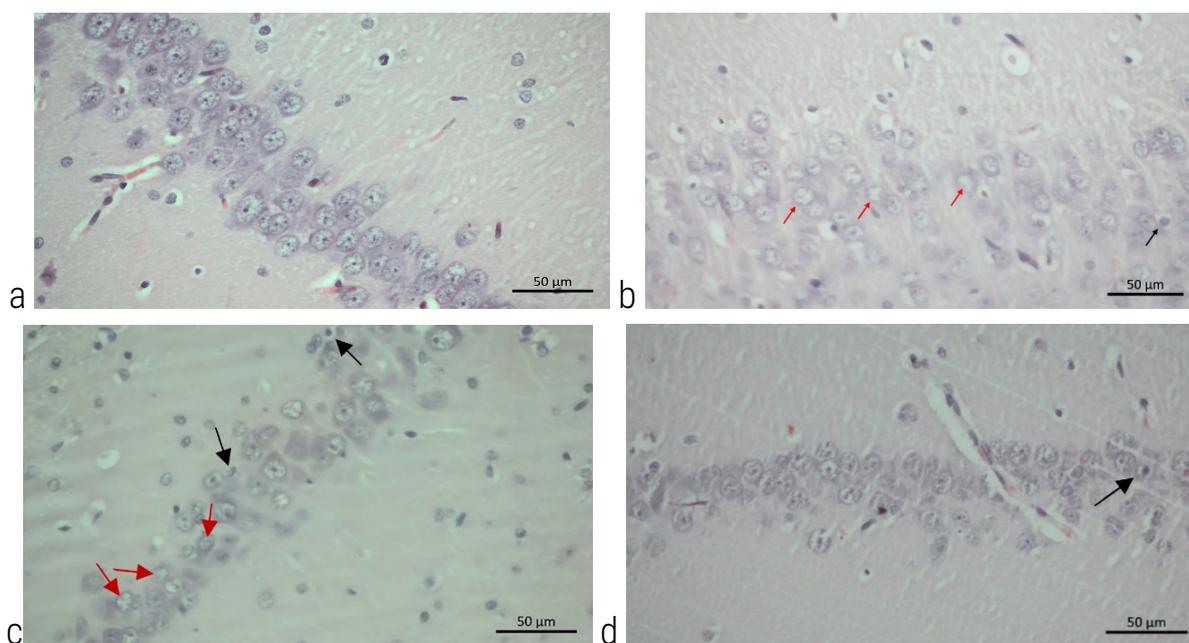
Показатель	Группа			
	Контроль	Pb	Pb + ФН	Pb + ФН + БПК
<i>Зона СА1 гиппокампа головного мозга</i>				
Толщина слоя, мкм	71,44 ± 1,47	53,90 ± 1,24*	54,07 ± 0,85*	60,67 ± 2,03*#
Площадь ядра, мкм <sup>2</sup>	75,06 ± 1,27	71,63 ± 1,34*	78,41 ± 1,63■	77,75 ± 3,48
Потеря ядрышек в ядре, %	4,75 ± 1,49	8,67 ± 2,03	9,33 ± 2,60	5,25 ± 0,75
Дегенеративно-измененные нейроны, %	1,25 ± 0,25	5,75 ± 0,31*	8,50 ± 1,09*■	5,50 ± 0,57*#
Клеточность, кл. на 10 <sup>4</sup> мкм <sup>2</sup>	26,75 ± 2,78	34,00 ± 2,74	28,33 ± 3,93	24,75 ± 2,75

<i>Зона СА2 гиппокампа головного мозга</i>				
Толщина слоя, мкм	100,38 ± 3,50	92,43 ± 3,33	66,35 ± 1,19*	66,08 ± 1,59*
Площадь ядра, мкм <sup>2</sup>	85,62 ± 2,07	72,42 ± 1,75*	90,10 ± 2,89	89,01 ± 2,24
Потеря ядрышек в ядре, %	3,22 ± 1,95	9,01 ± 1,88*	8,67 ± 1,67*	4,75 ± 0,63#
Дегенеративно-измененные нейроны, %	1,50 ± 0,19	5,00 ± 1,53*	11,50 ± 2,25*■	4,25 ± 0,63*#
Клеточность, кл. на 10 <sup>4</sup> мкм <sup>2</sup>	24,50 ± 2,33	29,50 ± 0,87	25,67 ± 2,19	23,00 ± 2,71
<i>Зона СА3 гиппокампа головного мозга</i>				
Толщина слоя, мкм	71,93 ± 4,05	75,65 ± 2,41	76,87 ± 1,36	68,26 ± 1,90#
Площадь ядра, мкм <sup>2</sup>	87,39 ± 1,63	92,03 ± 2,57	85,76 ± 2,87	89,48 ± 2,71
Потеря ядрышек в ядре, %	3,00 ± 0,58	11,00 ± 3,00*	6,67 ± 0,88*■	3,25 ± 0,63#
Дегенеративно-измененные нейроны, %	1,25 ± 0,25	3,50 ± 3,18	8,00 ± 1,22*	4,25 ± 0,75*#
Клеточность, кл. на 10 <sup>4</sup> мкм <sup>2</sup>	26,00 ± 2,08	28,00 ± 2,31	30,00 ± 1,47	25,00 ± 3,37

Значком \* показаны отличия от контрольной группы, ■ – отличия группы «Pb» от «Pb + ФН», # – отличия группы «Pb + ФН» от «Pb + ФН + БПК»

Notes: \* compared with the controls; ■ comparison between "Pb exposure" and "Pb exposure + Exercise" groups; # comparison between "Pb exposure + Exercise" and "Pb exposure + Exercise + Bioprophylactic complex" groups.

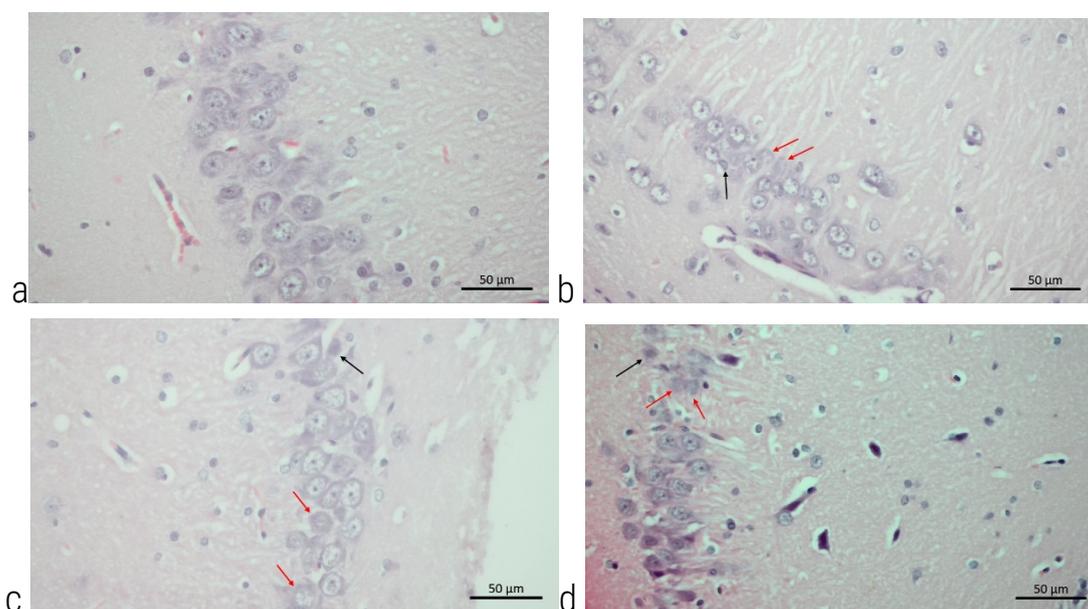
Визуально определялись умеренное истончение пирамидного слоя зон гиппокампа, апоптотические и воспалительные изменения (рисунок 1). Гистоморфометрическая картина зоны СА1 гиппокампа головного мозга крыс контрольной группы соответствовала норме. В группе, экспонированной к свинцу изолированно, отмечены единичные безъядрышковые ядра, а также ядра с пикнозом. В группах, экспонированных к свинцу на фоне физической нагрузки, истончался пирамидный слой зон гиппокампа. В зоне СА1 отмечались немногочисленные пикнотически измененные ядра полигональной формы, уменьшение размеров ядер и конденсация хроматина. В части ядер отсутствовали ядрышки. В этой же зоне при исследовании определялся очаговый гиперхроматоз цитоплазмы нейронов, перицеллюлярный отек, переваскулярный отек в некоторых полях зрения.



**Рис. 1.** Гистологическая картина зоны СА1 гиппокампа крыс: у контрольной группы гистоморфологическая картина соответствует норме (а); группы, подвергавшейся воздействию свинца: красные стрелки указывают на потерю ядрышек в ядрах, черная - на дегенеративно-измененное ядро (пикнотические изменения) (b); группы, подвергавшейся воздействию свинца на фоне физической нагрузки: красные стрелки указывают на отсутствие ядрышек в ядрах пирамидных нейронов, черные стрелки указывают на дегенеративно-измененные ядра пирамидных нейронов (с); группы, подвергавшейся аналогичному воздействию на фоне приема БПК: черная стрелка указывает на единственный случай дегенеративно-измененного ядра пирамидных нейронов в поле зрения (d). Окр. гематоксилином и эозином, ув. 400х.

**Fig. 1.** Histological images of the CA1 region of the rat hippocampus, hematoxylin and eosin staining, 400× magnification; (a) *Control group*: the histomorphological image is normal; (b) *Lead exposure group*: red arrows point at missing nucleoli in the nuclei, black arrows point at damaged nuclei (pyknotic degeneration); (c) *Lead exposure + Exercise group*: red arrows show the absence of nucleoli in the nuclei of pyramidal neurons, black arrows point at damaged nuclei of pyramidal neurons; and (d) *Lead exposure + Exercise + Bioprophylactic complex group*: the black arrow points at a single degenerated nucleus of pyramidal neurons in the field of view.

В зоне CA2 экспонированных к свинцу групп визуально отмечалось уменьшение толщины слоя пирамидных нейронов, а также многочисленные ядра с потерей ядрышек и дегенеративные изменения ядра и цитоплазмы в виде пикноза гиперхроматоза (рисунок 2). При экспозиции к свинцу на фоне физической нагрузки и одномоментном приеме биопрофилактики измененных ядер визуально меньше.

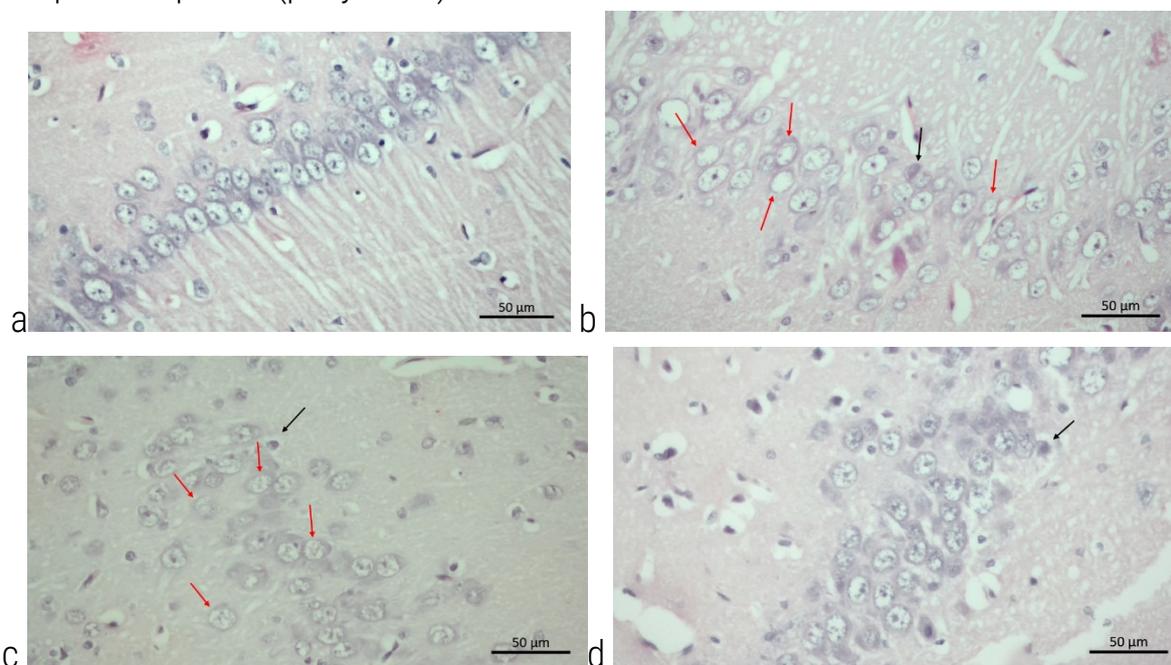


**Рис. 2.** Гистологическая картина зоны CA2 гиппокампа крыс: у контрольной группы гистоморфологическая картина соответствует норме (a); группы, подвергавшейся воздействию свинца: красными стрелками отмечено отсутствие ядрышек в ядрах пирамидных нейронов, черными - дегенеративно-измененные ядра пирамидных нейронов (b); группы, подвергавшейся воздействию свинца на фоне физической нагрузки: черные стрелки указывают на дегенеративные изменения ядра пирамидных нейронов, красные стрелки - на потерю ядрышек в

ядрах пирамидных нейронов, (с); группы, подвергавшейся аналогичному воздействию на фоне приема БПК: красными стрелками отмечены ядра пирамидных нейронов, в которых отсутствуют ядрышки, черными - ядра пирамидных нейронов с дегенеративными изменениями (d). Окр. гематоксилином и эозином, ув. 400х.

**Fig. 2.** Histological images of the CA2 region of the rat hippocampus, hematoxylin and eosin staining, 400x magnification; (a) *Control group*: the histomorphological image is normal; (b) *Lead exposure group*: red arrows show the absence of nucleoli in the nuclei of pyramidal neurons, black arrows point at damaged nuclei of pyramidal neurons; (c) *Lead exposure + Exercise group*: black arrows point at damaged nuclei of pyramidal neurons, red arrows show missing nucleoli in the nuclei of pyramidal neurons; and (d) *Lead exposure + Exercise + Bioprophylactic complex* group: red arrows point at nuclei of pyramidal neurons, and the black arrows point at degenerated nuclei of pyramidal neurons.

Зона СА3 гиппокампа животных, экспонированных к свинцу, по гистоморфометрическим изменениям практически не отличалась от зоны СА2: также присутствовали ядра с отсутствующими или смещенными от центра к краю ядрышками. Также отмечены перичеселлюлярный и переваскулярный отеки некоторых нейронов (рисунок 3).



**Рис. 3.** Гистологическая картина зоны СА3 гиппокампа крыс: у контрольной группы гистоморфологическая картина соответствует норме (а); группы, подвергавшейся воздействию свинца: красные стрелки указывают на отсутствие

ядрышек в ядрах пирамидных нейронов, черные стрелки - на дегенеративно-измененные ядра пирамидных нейронов (b); группы, подвергавшейся воздействию свинца на фоне физической нагрузки: красными стрелками выделены ядра пирамидных нейронов с потерей ядрышек, черными – дегенеративно-измененные ядра пирамидных нейронов (c); группы, подвергавшейся аналогичному воздействию на фоне приема БПК: черная стрелка указывает на единичный случай дегенеративно-измененного ядра пирамидного нейрона в поле зрения (d). Окр. гематоксилином и эозином, ув. 400х.

**Fig. 3.** Histological images of the CA3 region of the rat hippocampus, hematoxylin and eosin staining, 400x magnification; (a) *Control group*: the histomorphological image is normal; (b) *Lead exposure group*: red arrows point at missing nucleoli in the nuclei of pyramidal neurons, black arrows point at damaged nuclei of pyramidal neurons; (c) *Lead exposure + Exercise group*: red arrows show the absence of nucleoli in the nuclei of pyramidal neurons, black arrows point at damaged nuclei of pyramidal neurons; and (d) *Lead exposure + Exercise + Bioprophylactic complex group*: the black arrow points at a single degenerated nucleus of pyramidal neurons in the field of view.

**Обсуждение.** Зафиксированные изменения поведенческих реакций крыс в группе, экспонированной свинцом на фоне физической нагрузки, в сравнении с контролем свидетельствуют о нарушении двигательной активности, исследовательского поведения и стрессе, при сохранении желания к социальному взаимодействию (таблица 1). Действительно, по данным научной литературы, воздействие свинца на центральную нервную систему может быть связано с подобными поведенческими патологиями. Свинец способен проходить через гематоэнцефалический барьер во многом за счет своей способности замещать ионы кальция и непосредственно в головном мозге индуцировать повреждение префронтальной коры, гиппокампа и мозжечка, что может существенно нарушать их функции [7]. В ряде исследований на лабораторных животных, у крыс, подвергшихся воздействию свинца в детстве и во внутриутробном периоде, наблюдались значительные нарушения двигательной активности и исследовательского поведения [8], снижалась нейромоторная активность [9], регистрировались нарушения функции обучения и памяти на фоне свинцовой экспозиции [10]. Эти же данные подтверждаются другими исследованиями: выявлено статистически значимое увеличение латентного времени побега в лабиринте Морриса у крыс, подверженных свинцовой экспозиции, по сравнению с интактными крысами [11, 12]. Вместе с тем такой эффект может быть

характерным только для экспозиции свинцом в раннем возрасте, а в нашем исследовании были использованы половозрелые взрослые животные.

При визуальном осмотре головного мозга животных любой из указанных групп патологических изменений не выявлено. Масса головного мозга животных (относительная и абсолютная) не отличалась от контрольных значений. По данным литературы, воздействие свинца может стать причиной снижения массы головного мозга – в частности, это было показано в эпидемиологическом исследовании с привлечением добровольцев. Выяснено, что воздействие свинца в детстве связано с региональным уменьшением объема серого вещества у взрослых, особенно у мужчин [13]. Результаты косвенно подтверждались в другом исследовании, где в результате воздействия свинца масса мозга крысят снизилась в среднем на 14% [9]. Вместе с тем такой эффект может быть характерным только для экспозиции свинцом в раннем возрасте, поскольку в других исследованиях при субхронической экспозиции на взрослых животных также не было показано изменений массовых параметров [14].

Выраженные изменения были зафиксированы при гистоморфометрическом исследовании тканей гиппокампа головного мозга (таблица 2, рисунки 1, 2, 3). Физическая нагрузка влияет на развитие свинцовой интоксикации неоднозначно, что уже было продемонстрировано нами ранее и подтверждается результатами настоящего исследования [6].

Признаки повреждения нейронов в виде полиморфных изменений ядра, очагового гиперхроматоза цитоплазмы, а также перичеллюлярного и переваскулярного отеков могут свидетельствовать о повреждении клеток в указанных областях [15], но не их гибели, поскольку нами не было зафиксировано снижения общей клеточности (таблица 2). Также подтверждением нейротоксического действия ацетата свинца на головной мозг крыс могут служить статистически значимое уменьшение толщины слоя пирамидных нейронов и увеличение количества дегенеративно-измененных нейронов. Все вышеперечисленные эффекты реализуются за счет основных точек приложения свинцовой интоксикации: изменения антиоксидантного статуса, замещения ионов двухвалентных элементов, изменения структуры и функций внутриклеточных органелл [16].

Выявленные структурные изменения головного мозга у животных после субхронического воздействия свинца на фоне физической нагрузки в нашем исследовании не привели к выраженному нарушению функции (отсутствуют значимые изменения поведения), которое может быть обнаружено при более продолжительном воздействии вредных факторов.

Положительный эффект биопрофилактического комплекса наблюдался по следующим показателям: в зонах СА2 и СА3 нормализовалась площадь ядра нейронов, в зонах СА2 и СА3 снизилась доля нейронов с потерей ядрышка в ядре, во всех исследуемых зонах гиппокампа – доля дегенеративно-измененных нейронов. Такой эффект достигался за счет одномоментного воздействия компонентов, нацеленных на разные точки приложения против механизмов токсикодинамики и токсикокинетики в целом для токсикантов и в частности для свинца. Большое значение имеют неспецифическое мембраностабилизирующее действие глутамата и в то же время его специфический эффект, поскольку известно – свинец препятствует релизу глутамата в гиппокампе, что, как следствие, может приводить к нарушению глутаматергической нейротрансмиссии [17]. Вероятно, дополнительное поступление глутамата в мозг компенсирует патологические эффекты свинца [18]. Кроме того, для нивелирования вредного действия свинца был использован энтеросорбент пектин и антагонисты свинцовой интоксикации (кальций и магний), повышенное поступление с пищей которых также снижает абсорбцию свинца. Дополнительно витамины и микроэлементы в биотических дозах способствуют повышению неспецифической сопротивляемости организма к действию вредных факторов, а также оказывают корригирующее действие на обменные процессы.

**Заключение.** При субхроническом 6-недельном внутрибрюшинном воздействии ацетата свинца на самцов белых крыс в разовой дозе 11 мг/кг м.т. не было зафиксировано отклонений массы головного мозга, как при изолированном свинцовом воздействии, так и на фоне физической нагрузки. Изменения, отмеченные в тестах «Открытое поле с норками» и «Темно-светлая камера», свидетельствуют о снижении двигательной и исследовательской активности, о повышенной тревожности.

Физическая нагрузка влияет на развитие свинцовой интоксикации неоднозначно, что было продемонстрировано по изменению гистоморфометрических параметров гиппокампа крыс зон СА1, СА2, СА3. Зоны СА1 и СА2 гиппокампа в целом продемонстрировали большую чувствительность к свинцу: наблюдалось истончение слоя нейронов, увеличение доли дегенеративно-измененных нейронов, увеличение доли нейронов с потерей ядрышек в ядре. После воздействия свинца и физической нагрузки выявлены структурные изменения головного мозга, которые пока даже при субхронической экспозиции проявились нарушением функции (изменения поведенческих реакций).

Положительный эффект биопрофилактического комплекса наблюдался по следующим показателям: в зонах СА2 и СА3 нормализовалась площадь ядра нейронов, в зонах СА2 и СА3 снизилась доля нейронов с потерей ядрышка в ядре, во всех исследуемых зонах гиппокампа – дегенеративно-измененных нейронов. Эффект достигался за счет одномоментного воздействия компонентов, нацеленных на разные точки приложения против механизмов токсикодинамики и токсикокинетики свинца. Показан защитный эффект биологической профилактики против вредного действия свинца на фоне физической нагрузки на структуру головного мозга. Такая мера может служить инструментом управления риском возникновения патологических состояний центральной нервной системы у экспонированного населения.

### Список литературы:

1. Moulton P.V., Yang W. Air pollution, oxidative stress, and Alzheimer's disease. *J Environ Public Health*. 2012;2012:472751. doi: 10.1155/2012/472751
2. Jayaraj R.L., Rodriguez E.A., Wang Y., Block M.L. Outdoor ambient air pollution and neurodegenerative diseases: The neuroinflammation hypothesis. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(2):166-179. doi: 10.1007/s40572-017-0142-3
3. Smith M.R., Yevo P., Sadahiro M., et al. Integrative bioinformatics identifies postnatal lead (Pb) exposure disrupts developmental cortical plasticity. *Sci Rep*. 2018;8(1):16388. doi: 10.1038/s41598-018-34592-4
4. WHO (2021): The public health impact of chemicals: knowns and unknowns – data addendum for 2019. 6 July 2021. Accessed March 13, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-21.01>
5. Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Шабардина Л.В. Интегральные показатели кардиотоксичности свинца и кадмия на фоне физической нагрузки. *Гигиена и санитария*. 2023;102(11):1228-1235. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1228-1235>.
6. Минигалиева И.А., Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Гурвич В.Б., Привалова Л.И., Панов В.Г., Клинова С.В., Соловьева С.Н., Сахаутдинова Р.Р., Кацнельсон Б.А. Сочетанное действие свинца и физической нагрузки на организм крыс в субхроническом эксперименте. *Гигиена и санитария*. 2021;100(12):1404-1411. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1404-1411>
7. Sanders T., Liu Y., Buchner V., Tchounwou P.B. Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: A review. *Rev Environ Health*. 2009;24(1):15-45. doi: 10.1515/reveh.2009.24.1.15
8. Chintapanti S., Pratap Reddy K., Sreenivasula Reddy P. Behavioral and neurochemical consequences of perinatal exposure to lead in adult male Wistar rats: Protective effect by *Centella asiatica*. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(13):13173-85. doi: 10.1007/s11356-018-1500-x
9. Hossain S., Bhowmick S., Jahan S., et al. Maternal lead exposure decreases the level of brain development and cognition-related proteins with concomitant upsurges of oxidative stress, inflammatory response and apoptosis in the offspring rats. *Neurotoxicology*. 2016;56:150-8. doi: 10.1016/j.neuro.2016.07.013

10. Rao Barkur R., Bairy L.K. Evaluation of passive avoidance learning and spatial memory in rats exposed to low levels of lead during specific periods of early brain development. *Int J Occup Med Environ Health*. 2015;28(3):533-44. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00283
11. Wang X.-M., Liu W.-J., Zhang R., Zhou Y.-K. Effects of exposure to low-level lead on spatial learning and memory and the expression of mGluR1, NMDA receptor in different developmental stages of rats. *Toxicol Ind Health*. 2013;29(8):686-96. doi: 10.1177/0748233712436641
12. Ouyang L., Zhang W., Du G., et al. Lead exposure-induced cognitive impairment through RyR-modulating intracellular calcium signaling in aged rats. *Toxicology*. 2019;419:55-64. doi: 10.1016/j.tox.2019.03.005
13. Cecil K.M., Brubaker C.J., Adler C.M., et al. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure. *PLoS Med*. 2008;5(5):e112. doi: 10.1371/journal.pmed.0050112
14. Protsenko Y.L., Katsnelson B.A., Klinova S.V., et al. Effects of subchronic lead intoxication of rats on the myocardium contractility. *Food Chem Toxicol*. 2018;120:378-89. doi: 10.1016/j.fct.2018.07.034
15. Tverskoy A.V., Dolzhikov A.A., Bobintsev I.I., Kryukov A.A., Belykh A.E. Morphological changes of CA1 and CA3 hippocampal regions in rats under chronic immobilization stress (morphometric study). *Chelovek i ego zdorov'e*. 2014;(3):37-41. (In Russ.) <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskie-izmeneniya-neuronov-oblastey-sa1-i-sa3-gippokampa-krys-pri-hronicheskom-immobilizatsionnom-stresse-morfometricheskoe>
16. 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. doi: 10.24412/2411-3794-2023-104115
17. White L.D., Cory-Slechta D.A., Gilbert M.E., et al. New and evolving concepts in the neurotoxicology of lead. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007;225(1):1-27. doi: 10.1016/j.taap.2007.08.001
18. Привалова Л.И., Кацнельсон Б.А., Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Гурвич В.Б., Шур В.Я., Макеев О.Г., Валамина И.Е. Повышение резистентности организма к вредному действию металлосодержащих наночастиц как перспективный подход к управлению рисками для здоровья. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016;(10):29-33.

## References:

1. Moulton P.V., Yang W. Air pollution, oxidative stress, and Alzheimer's disease. *J Environ Public Health*. 2012;2012:472751. doi: 10.1155/2012/472751
2. Jayaraj R.L., Rodriguez E.A., Wang Y., Block M.L. Outdoor ambient air pollution and neurodegenerative diseases: The neuroinflammation hypothesis. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(2):166-179. doi: 10.1007/s40572-017-0142-3
3. Smith M.R., Yevo P., Sadahiro M., et al. Integrative bioinformatics identifies postnatal lead (Pb) exposure disrupts developmental cortical plasticity. *Sci Rep*. 2018;8(1):16388. doi: 10.1038/s41598-018-34592-4
4. WHO (2021): The public health impact of chemicals: knowns and unknowns – data addendum for 2019. 6 July 2021. Accessed March 13, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-21.01>

5. Klinova S.V., Minigalieva I.A., Sutunkova M.P., Shabardina L.V. Integral indicators of cardiotoxicity of lead and cadmium on the background of physical activity. *Gigiena i sanitariya*. 2023;102(11):1228-35. (In Russ) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-11-1228-1235
6. Minigalieva I.A., Ryabova Iu.V., Sutunkova M.P., et al. The combined action of lead and physical load in a subchorionic experiment on rats. *Gigiena i sanitariya*. 2021;100(12):1404-11. (In Russ) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-12-1404-1411
7. Sanders T., Liu Y., Buchner V., Tchounwou P.B. Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: A review. *Rev Environ Health*. 2009;24(1):15-45. doi: 10.1515/reveh.2009.24.1.15
8. Chintapanti S., Pratap Reddy K., Sreenivasula Reddy P. Behavioral and neurochemical consequences of perinatal exposure to lead in adult male Wistar rats: Protective effect by *Centella asiatica*. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(13):13173-85. doi: 10.1007/s11356-018-1500-x
9. Hossain S., Bhowmick S., Jahan S., et al. Maternal lead exposure decreases the level of brain development and cognition-related proteins with concomitant upsurges of oxidative stress, inflammatory response and apoptosis in the offspring rats. *Neurotoxicology*. 2016;56:150-8. doi: 10.1016/j.neuro.2016.07.013
10. Rao Barkur R., Bairy L.K. Evaluation of passive avoidance learning and spatial memory in rats exposed to low levels of lead during specific periods of early brain development. *Int J Occup Med Environ Health*. 2015;28(3):533-44. doi: 10.13075/ijom.1896.00283
11. Wang X.-M., Liu W.-J., Zhang R., Zhou Y.-K. Effects of exposure to low-level lead on spatial learning and memory and the expression of mGluR1, NMDA receptor in different developmental stages of rats. *Toxicol Ind Health*. 2013;29(8):686-96. doi: 10.1177/0748233712436641
12. Ouyang L., Zhang W., Du G., et al. Lead exposure-induced cognitive impairment through RyR-modulating intracellular calcium signaling in aged rats. *Toxicology*. 2019;419:55-64. doi: 10.1016/j.tox.2019.03.005
13. Cecil K.M., Brubaker C.J., Adler C.M., et al. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure. *PLoS Med*. 2008;5(5):e112. doi: 10.1371/journal.pmed.0050112
14. Protsenko Y.L., Katsnelson B.A., Klinova S.V., et al. Effects of subchronic lead intoxication of rats on the myocardium contractility. *Food Chem Toxicol*. 2018;120:378-89. doi: 10.1016/j.fct.2018.07.034
15. Tverskoy A.V., Dolzhikov A.A., Bobintsev I.I., Kryukov A.A., Belykh A.E. Morphological changes of CA1 and CA3 hippocampal regions in rats under chronic immobilization stress (morphometric study). *Chelovek i ego zdorov'e*. 2014;(3):37-41. (In Russ). <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskie-izmeneniya-neuronov-oblastey-sa1-i-sa3-gippokampa-krys-pri-hronicheskom-immobilizatsionnom-stresse-morfometricheskoe>
16. Sutunkova M.P., Nikogosyan K.M., Ryabova Yu.V., et al. Current understanding of the mechanisms of lead toxic effects on the central nervous system (literature review). *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2023;(4):196-215. (In Russ). doi: 10.24412/2411-3794-2023-104115
17. White L.D., Cory-Slechta D.A., Gilbert M.E., et al. New and evolving concepts in the neurotoxicology of lead. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007;225(1):1-27. doi: 10.1016/j.taap.2007.08.001
18. Privalova L.I., Katsnelson B.A., Sutunkova M.P., et al. Increasing resistance against hazardous effects of metals-containing nanoparticles as a prospective approach to health risks management. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;(10):29-33. (In Russ).

Поступила/Received: 15.04.2024  
Принята в печать/Accepted: 17.05.2024

УДК 615.9

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТИ  
БРОНХОАЛЬВЕОЛЯРНОГО ЛАВАЖА КРЫС ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОГО  
ИНТРАТРАХЕАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ**

Клинова С. В.<sup>1</sup>, Сутункова М. П.<sup>1,2</sup>, Минигалиева И. А.<sup>1</sup>, Привалова Л. И.<sup>1</sup>,  
Рябова Ю. В.<sup>1</sup>, Бушуева Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья  
рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

Цитологическое исследование жидкости бронхоальвеолярного лаважа является общепризнанной методикой, применяемой в экспериментальной практике, медицине и ветеринарии. Оценка клеточного состава жидкости бронхоальвеолярного лаважа считается эффективной для дифференциальной диагностики легочных заболеваний, оценки цитотоксического действия вредных агентов. В то же время биохимическим показателям уделяется существенно меньше внимания.

**Цель исследования** – сравнительная оценка изменений биохимических показателей жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс после однократного воздействия суспензий металлоксидных наночастиц.

**Материал и методы.** Было проведено острое экспериментальное исследование наночастиц оксидов металлов. Суспензии наночастиц CuO, PbO, CdO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO для однократного интратрахеального введения белым аутбредным крысам-самкам в дозе 0,5 мг/животное синтезировали методом лазерной абляции. Контрольным крысам вводили аналогичный объем деионизированной воды (1 мл). Через сутки после введения суспензий у крыс проводилось взятие бронхоальвеолярной лаважной жидкости с последующим центрифугированием и оценкой биохимических показателей надосадочной жидкости.

**Результаты.** Наибольшее влияние на биохимический состав надосадочной жидкости бронхоальвеолярного лаважа среди исследованных наночастиц оказывал CdO. CuO продемонстрировал несколько меньшие изменения. PbO и NiO не оказывали существенного влияния, а Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> снижал содержание внутриклеточных ферментов в бронхоальвеолярной жидкости.

**Вывод.** Химическая природа наночастиц определяет выраженность их эффектов при попадании в легкие. Выраженность биохимических изменений не всегда соотносится с данными цитологического исследования жидкости бронхоальвеолярного лаважа, но хорошо дополняет эти данные. Биохимический анализ показателей надосадочной жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс может быть рекомендован как вспомогательный метод оценки цитотоксического действия наночастиц.

**Ключевые слова:** металлооксидные наночастицы; бронхоальвеолярный лаваж; аланинаминотрансфераза; аспартатаминотрансфераза; лактатдегидрогеназа; амилаза; крысы.

**Для цитирования:** Клинова С.В., Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Привалова Л.И., Рябова Ю.В., Бушуева Т.В. Биохимические изменения жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс после однократного интратрахеального введения металлооксидных наночастиц. Медицина труда и экология человека. 2024; 2: 211-221.

**Для корреспонденции:** Клинова Светлана Владиславовна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией промышленной токсикологии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. E-mail: s@svklinova.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/10.24412/2411-3794-2024-10214>

## BIOCHEMICAL CHANGES IN BRONCHOALVEOLAR LAVAGE FLUID IN RATS AFTER A SINGLE INTRATRACHEAL INJECTION OF METAL OXIDE NANOPARTICLES

Klinova S.V.<sup>1</sup>, Sutunkova M.P.<sup>1,2</sup>, Minigalieva I.A.<sup>1</sup>, Privalova L.I.<sup>1</sup>, Ryabova Yu.V.<sup>1</sup>, Bushueva T.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural State Medical University of the Russian Health Ministry, Yekaterinburg, Russia

Cytological examination of bronchoalveolar lavage fluid is a generally recognized technique used in experimental practice, medicine, and veterinary medicine. Assessment of the cellular composition of bronchoalveolar lavage fluid is considered effective for differential diagnosis of pulmonary diseases and assessment of cytotoxic effects of harmful agents. At the same time, significantly less attention is paid to its biochemical parameters.

**Purpose.** Comparative assessment of changes in biochemical parameters of bronchoalveolar lavage fluid in rats after a single injection of metal oxide nanoparticle suspensions.

**Materials and methods.** We conducted an acute toxicity study of metal oxide nanoparticles. Suspensions of CuO, PbO, CdO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and NiO nanoparticles (NPs) were prepared by laser ablation for their subsequent single intratracheal instillation to outbred female albino rats at a dose of 0.5 mg per animal. Control rats were injected a similar volume of deionized water (1 mL). Bronchoalveolar lavage fluid was collected a day after the exposure, centrifuged, and tested for biochemical parameters of the supernatant.

**Results.** We found that CdO NPs had the greatest effect on the biochemical composition of the supernatant of bronchoalveolar lavage among the nanoparticles under study. CuO NPs induced somewhat smaller changes. PbO and NiO NPs produced no significant effect, and those of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reduced the amount of intracellular enzymes in the bronchoalveolar fluid.

**Conclusion.** The chemical nature of nanoparticles determines the severity of their effects in the lungs. The extent of biochemical changes does not always correlate with the results of cytology testing of bronchoalveolar lavage fluid but complements these data well. A biochemical analysis of the supernatant of bronchoalveolar lavage in rats can be recommended as a supplementary method for assessing cytotoxic effects of nanoparticles.

**Keywords:** metal oxide nanoparticles; BALF; LDH; ALT; AST; amylase; rats

**Citation:** Klinova S.V, Sutunkova M.P, Minigalieva I.A., Privalova L.I., Ryabova Yu.V., Bushueva T.V. Biochemical changes in bronchoalveolar lavage fluid in rats after a single intratracheal injection of metal oxide nanoparticles. Occupational health and human ecology. 2024; 2:211-221.

**Correspondence:** Svetlana V. Klinova, Cand.Sc. (Biology), Head of the Industrial Toxicology Laboratory of the Yekaterinburg Medical Research Center of Rospotrebnadzor, E-mail: s@svklinova.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10214>

Непреднамеренному воздействию наночастиц (НЧ) токсичных металлов подвергаются как работники промышленных предприятий, так и люди, которые проживают в зоне их техногенного влияния. НЧ составляют существенную фракцию аэрозолей, образующихся как побочный продукт многих промышленных технологий (сталеварение, пирометаллургия тяжелых цветных металлов и сплавов, электродуговая сварка, лазерная обработка металлов и др.), загрязняющий производственную и окружающую среду [1]. Природные события (извержение вулканов, пожары и др.) также являются источниками выбросов наночастиц в атмосферу. Частицы нанометрового диапазона являются опасным компонентом вдыхаемого воздуха, т.к. их малые размеры обеспечивают активное проникновение и взаимодействие с различными структурами организма [2]. В современной литературе широко представлены цито- и пульмонотоксические эффекты наночастиц в исследованиях *in vitro* [3-7] и *in vivo* [8-11]. В *in vitro* экспериментах были выявлены увеличение активных форм кислорода (АФК), приводящее к запуску апоптических процессов, снижение жизнеспособности клеток, ингибирование супероксиддисмутазы, снижение содержания глутатиона и

нарушение митохондриальной активности. В исследованиях *in vivo* после воздействия НЧ выявлены воспалительные реакции, апоптоз, фиброзные изменения легочной ткани.

*Цитологическое исследование жидкости бронхоальвеолярного лаважа является общепризнанной методикой, применяемой в экспериментальной практике, медицине и ветеринарии [12-16]. Оценка клеточного состава жидкости бронхоальвеолярного лаважа считается эффективной для дифференциальной диагностики легочных заболеваний. Ее применяют и для оценки цитотоксического действия вредных агентов [17].*

Для ранжирования токсичности веществ применяют ингаляционное воздействие. Наравне с ним для этой цели полезны интратрахеальные инстилляции [18]. Вместе с тем в большинстве известных нам исследований НЧ мало внимания уделено биохимическому анализу изменений жидкости бронхоальвеолярного лаважа.

В связи с чем представляет интерес изучение биохимических изменений жидкости бронхоальвеолярного лаважа после воздействия наночастиц различной химической природы при интратрахеальном пути введения и ответ на вопрос: может ли оценка биохимических изменений заменить либо лишь дополнить цитологическую оценку жидкости бронхоальвеолярного лаважа?

**Целью исследования** являлась сравнительная оценка изменений биохимических показателей жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс после однократного воздействия суспензий металлооксидных наночастиц.

### **Материалы и методы**

*Синтез наночастиц.* Суспензии НЧ синтезировали методом лазерной абляции металлических пластин (99,99 % чистоты, толщиной 1 мм) под слоем деионизированной воды (до 30 мл) в Центре коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ. Данный способ позволяет получать суспензии с достаточно узким распределением НЧ по размерам. Известно, что единичные НЧ могут слипаться, но возникающие агрегированные группы не оказывают существенного влияния на общую картину распределения частиц по диаметру. Высокое значение дзета-потенциала (до 42 mV), характеризующее стабильность суспензий, позволило повысить концентрацию суспензии путем частичного испарения воды при 50°C. Дзета-потенциал измеряли на анализаторе Zetasizer Nano ZS (Malvern, UK). Концентрация суспензий без изменения размера и химической идентичности НЧ составляла 0,5 мг/мл. Средний диаметр НЧ CuO –  $21,0 \pm 4,0$  нм, PbO –  $23,0 \pm 5,0$  нм, CdO –  $65,0 \pm 16,0$  нм, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> –  $18,0 \pm 4,0$  нм, NiO –  $16,7 \pm 8,2$  нм.

*Экспериментальные животные.* В эксперименте использовались белые аутбредные крысы-самки исходной массой тела около 200 г (разброс не превышал 20%) в возрасте около 3 месяцев. Животных содержали при естественном световом режиме в помещении вивария (с наличием барьерной среды – воздушный шлюз), при стандартных и контролируемых условиях микроклимата в соответствии с нормативными документами. Для кормления крыс использовался полнорационный комбикорм для лабораторных животных, сбалансированный по витаминному и минеральному составу, изготовленный в соответствии с ГОСТ Р34566-2019. Режим питания и питьевой режим организован в свободном доступе в соответствии с ГОСТ Р51232-98. Все процедуры с животными выполнялись в соответствии с «International guiding principles for biomedical research involving animals» от CIOMS и ICLAS (2012).

Работа одобрена независимым Локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (протокол № 2 от 20.04.2020).

*Оценка биохимических показателей жидкости бронхоальвеолярного лаважа (БАЛЖ).*

Под эфирным рауш-наркозом интратрахеально крысам вводили 1 мл суспензии НЧ в дозе 0,5 мг/животное. Контрольным животным – 1 мл деионизированной воды. Через сутки после введения НЧ у крыс под гексеналовым наркозом производился забор БАЛЖ. Затем жидкость центрифугировалась в течение 4 мин. при 1000 об/мин. (200g) и отбирался супернатант. В нем определяли уровень альбуминов, глюкозы, мочевины, активность амилазы, аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы (АСТ, АЛТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), гамма-глутамилтранспептидазы (ГГТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ) с использованием автоматического анализатора Cobas Integra 400 plus (Roche Diagnostics GmbH, Германия) с соответствующими тест-наборами.

*Статистическая обработка.* Значимость межгрупповых различий определяли, используя *t*-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони. Данные в статье приведены в формате: среднее ± стандартная ошибка.

## **Результаты**

Изменения биохимических показателей БАЛЖ животных после однократного воздействия суспензий металлооксидных наночастиц представлены в таблице.

**Таблица.** Биохимические изменения жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс после однократного введения металлооксидных наночастиц ( $\bar{X} \pm Sx$ )

**Table.** Biochemical changes in the bronchoalveolar lavage fluid of rats after a single administration of metal oxide nanoparticles ( $X \pm Sx$ )

	Контроль	CuO	CdO	PbO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO
Альбумин, г/л	17,74 ± 1,50	22,95 ± 7,49	21,48 ± 8,15	26,02 ± 7,63	14,89 ± 1,59	17,41 ± 4,30
Глюкоза, ммоль/л	0,05 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,21 ± 0,09	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Мочевина, ммоль/л	0,23 ± 0,03	<b>0,40 ± 0,06 *</b>	0,44 ± 0,11	0,19 ± 0,02	0,20 ± 0,03	0,27 ± 0,03
Амилаза, Е/л	3,89 ± 0,68	<b>110,14 ± 37,46 *</b>	<b>68,01 ± 23,52 *</b>	6,07 ± 1,75	3,58 ± 0,54	7,61 ± 3,75
АЛТ, Е/л	2,06 ± 0,78	8,51 ± 4,43	<b>10,39 ± 3,84 *</b>	1,71 ± 0,51	0,63 ± 0,18	0,80 ± 0,23
АСТ, Е/л	11,17 ± 1,91	28,82 ± 9,22	<b>34,86 ± 10,66 *</b>	11,38 ± 1,07	<b>4,30 ± 1,04 *</b>	9,39 ± 3,09
ГГТП, Е/л	1,64 ± 0,50	3,34 ± 0,94	6,61 ± 2,49	2,90 ± 0,58	0,69 ± 0,31	3,41 ± 1,73
ЛДГ, Е/л	43,40 ± 6,36	<b>107,90 ± 24,23 *</b>	173,90 ± 67,15	46,20 ± 8,02	<b>12,40 ± 3,42 *</b>	45,50 ± 23,07
ЩФ, Е/л	27,97 ± 4,44	19,29 ± 3,32	29,35 ± 3,72	41,91 ± 5,52	<b>9,63 ± 3,02 *</b>	20,73 ± 6,05

**Примечание:** АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспартатаминотрансфераза, ГГТП – гамма-глутамилтранспептидаза, ЛДГ – лактатдегидрогеназа, ЩФ – щелочная фосфатаза; знаком \* обозначены статистически значимые отличия от контрольной группы (по *t*-критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони)

**Note:** ALT – alanine aminotransferase, AST – aspartate aminotransferase, GGTP – gamma-glutamyl transpeptidase, LDH – lactate dehydrogenase, ALP – alkaline phosphatase; \* indicates statistically significant differences from the control group (according to Student's *t*-test with Bonferroni correction)

Ни один из исследованных видов НЧ не привел к статистически значимому изменению в сравнении с контрольной группой уровней альбумина и глюкозы в БАЛЖ, хотя НЧ CdO приводили к почти 4-кратному увеличению глюкозы.

После воздействия НЧ CuO обнаружено статистически значимое увеличение мочевины в БАЛЖ крыс в 1,7 раза ( $p < 0,05$ ). Еще большее в абсолютном значении, но статистически незначимое увеличение показано после введения НЧ CdO.

Показано увеличение уровня амилазы в БАЛЖ после воздействия всех исследованных НЧ, за исключением Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Увеличение уровня амилазы после воздействия НЧ CuO и НЧ CdO было статистически значимым в 28,3 и 17,5 раза соответственно ( $p < 0,05$ ).

Активность АЛТ возрастала после воздействия НЧ CdO в 5 раз ( $p < 0,05$ ) и после НЧ CuO – в 4,1 раза. Влияние других исследованных наночастиц приводило к тенденции к снижению активности АЛТ. Практически ту же направленность изменений наблюдали и по показателю активности АСТ: она возросла после воздействия НЧ CdO в 3,1 раза ( $p < 0,05$ ), после НЧ CuO – в 2,6 раза, практически не изменилась после НЧ PbO и НЧ NiO, а после НЧ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> снизилась в 2,6 раза ( $p < 0,05$ ). Картина изменений активности ЛДГ сходна с изменениями активности АСТ: увеличение после воздействия НЧ CuO в 2,5 раза ( $p < 0,05$ ) и после НЧ CdO – в 4 раза, снижение после НЧ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 3,5 раза ( $p < 0,05$ ).

Активность ЩФ была значимо снижена после воздействия НЧ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 2,9 раза ( $p < 0,05$ ).

### Обсуждение

Значимых изменений уровней альбумина и глюкозы не было выявлено, вероятно, потому, что вариабельность этих показателей в нашем эксперименте была достаточно высока. Хотя ранее при изучении метаболитов БАЛЖ после воздействия НЧ ZnO было показано, что 35 нм частицы не приводят к значимым изменениям энергетического метаболизма, а 250 нм частицы снижали уровень глюкозы, из чего авторы сделали вывод, что НЧ ZnO могут нарушать цикл трикарбоновых кислот и увеличивать преобразование глюкозы в лактат или аланин в легких [19].

ГГТП – мембраносвязанный фермент, который участвует в переносе глутамильной части глутатиона к другим аминокислотам и дипептидам [20]. В наших исследованиях ГГТП не проявил выраженной чувствительности к введению наночастиц. Вероятно, естественная вариабельность этого фермента в БАЛЖ высока, из-за чего большой разброс данных не позволил выявить значимые различия.

Внутриклеточный гликолитический фермент ЛДГ используют для анализа целостности клеточной мембраны [21-23]. Это важный маркер клеточной деструкции. Высокая степень разрушения мембран клеток происходила после воздействия НЧ CuO и НЧ CdO (таблица), что подтверждается результатами цитологических исследований, представленных ранее, где было показано, что НЧ CuO и НЧ CdO оказывали наибольшее цитотоксическое действие среди изученных НЧ [24]. Другие исследованные нами НЧ не приводили к значимому увеличению ЛДГ. В то же время НЧ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> статистически значимо снижали этот показатель. Помимо ЛДГ после воздействия НЧ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> статистически значимо снижались и другие внутриклеточные ферменты – АСТ, ЩФ. Снижение внутриклеточных

ферментов в супернатанте БАЛЖ может указывать на некоторое положительное действие НЧ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в исследованной концентрации, вероятно, за счет быстрого проникновения в клетки и высокой скорости растворения, которая была выявлена ранее [25]. К тому же было показано, что НЧ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  образуют агломераты в цитозоле клетки [26] и, постепенно растворяясь, могут влиять на внутриклеточный обмен железом. В исследовании Tolliver с соавторами [27] обнаружено сохранение выживаемости клеточной культуры A549 после добавления НЧ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Воздействие НЧ  $\text{CuO}$  и  $\text{CdO}$  вело к повышению АСТ и АЛТ в надосадочной жидкости. Эти два фермента также являются внутриклеточными (в основном находятся в цитозоле) [28], а значит, также указывают на повреждение клеток легких.

Увеличение амилазы наблюдали после воздействия этих же НЧ  $\text{CuO}$  и НЧ  $\text{CdO}$ , что также, вероятно, связано с большим притоком клеток в легкие и их разрушением, показанным ранее [24]. При разрушении клеток выделяются фиброгенные факторы, которые приводят к активации роста соединительной ткани. Увеличение амилазы в БАЛЖ показано при воспалительных и онкологических поражениях легких [29-31], а также при обострении хронической обструктивной болезни легких [32] и аспирационной пневмонии [33]. Все перечисленные процессы сопровождаются воспалением и пролиферацией клеток, будь то опухолевые клетки или фибробласты. Мы предполагаем, что именно активный рост соединительной ткани ведет к росту амилазы в БАЛЖ и может служить характеристикой не цитотоксичности, но фиброгенности изученных частиц.

Следовательно, повышение в супернатанте БАЛЖ внутриклеточных ферментов может указывать на цитотоксическое и фиброгенное действие НЧ. В проведенном эксперименте наибольшее влияние на биохимический состав БАЛЖ оказывали НЧ  $\text{CdO}$ . НЧ  $\text{CuO}$  продемонстрировали несколько меньшие изменения. НЧ  $\text{PbO}$  и НЧ  $\text{NiO}$  не оказывали существенного влияния на биохимические изменения супернатанта БАЛЖ, а НЧ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  снижали содержание внутриклеточных ферментов в супернатанте БАЛЖ. При этом ранее было показано, что наибольшую цитотоксичность из исследованных НЧ проявляют НЧ  $\text{CuO}$  [24]. В остальном выводы при анализе биохимических показателей супернатанта и цитологических показателей БАЛЖ сходны.

## Выводы

Химическая природа наночастиц определяет выраженность их эффектов при попадании в легкие, потому как было показано, что при одной и той же исследуемой дозе металлооксидных наночастиц различной химической природы выраженность нарушений от их вредного токсического действия различается.

Биохимический анализ показателей жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс может быть рекомендован как вспомогательный метод оценки цитотоксического и фиброгенного действия наночастиц, поскольку *интенсивность изменений биохимического состава супернатанта БАЛЖ не всегда совпадает с данными цитологического исследования БАЛЖ, но хорошо их дополняет.*

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность коллективу Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и лично директору УЦКП СН, профессору, д.ф-м.н. Шуру Владимиру Яковлевичу за синтез суспензий исследованных наночастиц заданной характеристики на базе УЦКП СН УрФУ.

#### Список литературы/References:

1. Privalova L.I., Katsnelson B.A., Loginova N.V., Gurchich V.B., Shur V.Y., Valamina I.E. et al. Subchronic toxicity of copper oxide nanoparticles and its attenuation with the help of a combination of bioprotectors. *Int J Mol Sci.* 2014, 15(7):12379-406. DOI: 10.3390/ijms150712379.
2. Sukhanova A., Bozrova S., Sokolov P., Berestovoy M., Karaulov A., Nabiev I. Dependence of nanoparticle toxicity on their physical and chemical properties. *Nanoscale Res. Lett.* 2018; 13(1):44. DOI: 10.1186/s11671-018-2457-x.
3. Wu Y., Wang M., Luo S., Gu Y., Nie D., Xu Z. et al. Comparative toxic effects of manufactured nanoparticles and atmospheric particulate matter in human lung epithelial cells. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020; 18 (1): 22. DOI: 10.3390/ijerph18010022.
4. Xie S., Zhu J., Yang D., Xu Y., Zhu J., He D. Low concentrations of zinc oxide nanoparticles cause severe cytotoxicity through increased intracellular reactive oxygen species. *J. Biomed. Nanotechnol.* 2021; 17 (12): 2420-2432. DOI: 10.1166/jbn.2021.3209.
5. Lai X., Wei Y., Zhao H., Chen S., Bu X., Lu F. et al. The effect of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnO nanoparticles on cytotoxicity and glucose metabolism in lung epithelial cells. *J. Appl. Toxicol.* 2015; 35 (6): 651-64. DOI: 10.1002/jat.3128.
6. Zhang X., Zhang H., Liang X., Zhang J., Tao W., Zhu X. et al. Iron oxide nanoparticles induce autophagosome accumulation through multiple mechanisms: lysosome impairment, mitochondrial damage, and ER stress. *Mol. Pharmaceutics.* 2016; 13 (7): 2578–2587. DOI: 10.1021/acs.molpharmaceut.6b00405.
7. Lai X., Zhao H., Zhang Y., Guo K., Xu Y., Chen S. et al. Intranasal delivery of copper oxide nanoparticles induces pulmonary toxicity and fibrosis in C57BL/6 mice. *Sci. Rep.* 2018; 8 (1): 4499. DOI: 10.1038/s41598-018-22556-7.

8. Chen A., Feng X., Sun T., Zhang Y., An S., Shao L. Evaluation of the effect of time on the distribution of zinc oxide nanoparticles in tissues of rats and mice: a systematic review. *IET nanobiotechnology*. 2016,10(3):97–106. DOI: 10.1049/iet-nbt.2015.0006
9. Dumková J., Smutná T., Vrlíková L., Le Coustumer P., Večeřa Z., Dočekal B. et al. Sub-chronic inhalation of lead oxide nanoparticles revealed their broad distribution and tissue-specific subcellular localization in target organs. *Part. Fibre Toxicol.* 2017; 14: 55. DOI: 10.1186/s12989-017-0236-y.
10. Sutunkova M.P., Solovyeva S.N., Minigalieva I.A., Gurvich V.B., Valamina I.E., Makeyev O.H. et al. Toxic effects of low-level long-term inhalation exposures of rats to nickel oxide nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci.* 2019; 20 (7): 1778. DOI: 10.3390/ijms20071778.
11. Liu N., Guan Y., Zhou C., Wang Y., Ma Z., Yao S. Pulmonary and systemic toxicity in a rat model of pulmonary alveolar proteinosis induced by indium-tin oxide nanoparticles. *Int. J. Nanomedicine*. 2022; 17: 713-731. DOI: 10.2147/IJN.S338955.
12. Vedder V., Schildgen V., Lüsebrink J., Tillmann R.L., Domscheit B., Windisch W. et al. Differential cytology profiles in bronchoalveolar lavage (BAL) in COVID-19 patients: A descriptive observation and comparison with other corona viruses, Influenza virus, Haemophilus influenzae, and Pneumocystis jirovecii. *Medicine (Baltimore)*. 2021,100(1):e24256. DOI: 10.1097/MD.00000000000024256.
13. Gregson A.L., Hoji A., Saggarr R., Ross D.J., Kubak B.M., Jamieson B.D. et al. Bronchoalveolar immunologic profile of acute human lung transplant allograft rejection. *Transplantation*. 2008,85(7):1056-9. DOI: 10.1097/TP.0b013e318169bd85.
14. Davis K.U., Sheats M.K. Bronchoalveolar lavage cytology characteristics and seasonal changes in a herd of pastured teaching horses. *Front Vet Sci.* 2019,6:74. DOI: 10.3389/fvets.2019.00074.
15. Pavot V., Prost C., Dubost-Martin G., Thibault-Duprey K., Ramery E. Bronchoalveolar lavage fluid cytology in healthy Cynomolgus Macaques. *Front Vet Sci.* 2021,8:679248. DOI: 10.3389/fvets.2021.679248.
16. Guan Y., Liu N., Yu Y., Zhou Q., Chang M., Wang Y., Yao S. Pathological comparison of rat pulmonary models induced by silica nanoparticles and indium-tin oxide nanoparticles. *Int J Nanomedicine*. 2022,17:4277-4292. DOI: 10.2147/IJN.S380259.
17. Huang Y.W., Cambre M., Lee H.J. The toxicity of nanoparticles depends on multiple molecular and physicochemical mechanisms. *Int. J. Mol. Sci.* 2017; 18 (12): 2702. DOI: 10.3390/ijms18122702.
18. Morimoto Y., Izumi H., Yoshiura Y., Tomonaga T., Lee B.W., Okada T. et al. Comparison of pulmonary inflammatory responses following intratracheal instillation and inhalation of nanoparticles. *Nanotoxicology*. 2016; 10(5): 607-18. DOI: 10.3109/17435390.2015.1104740
19. Lee S.H., Wang T.Y., Hong J.H., Cheng T.J., Lin C.Y. NMR-based metabolomics to determine acute inhalation effects of nano- and fine-sized ZnO particles in the rat lung. *Nanotoxicology*. 2016,10(7):924-934. DOI: 10.3109/17435390.2016.1144825.
20. Snow S., Kodavanti, U.P. Chapter 13: Respiratory toxicity biomarkers. In: Biomarkers in Toxicology, Edition 2. Elsevier Science BV, Amsterdam, Netherlands, 2019, 229-250. DOI: 10.1016/B978-0-12-814655-2.00013-X

21. Kwon J.T., Kim Y., Choi S., Yoon B.L., Kim H.S., Shim I. et al. Pulmonary toxicity and proteomic analysis in bronchoalveolar lavage fluids and lungs of rats exposed to copper oxide nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci.* 2022; 23 (21): 13265. DOI: 10.3390/ijms232113265.
22. Bahadar H., Maqbool F., Niaz K., Abdollahi M. Toxicity of nanoparticles and an overview of current experimental models. *Iran. Biomed. J.* 2016,20(1):1-11. DOI: 10.7508/ibj.2016.01.001.
23. Yang W., Wang L., Mettenbrink E.M., DeAngelis P.L., Wilhelm S. Nanoparticle Toxicology. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 2021,61:269-289. DOI: 10.1146/annurev-pharmtox-032320-110338.
24. Sutunkova M.P., Klinova S.V., Ryabova Y.V., Tazhigulova A.V., Minigalieva I.A., Shabardina L.V. et al. Comparative evaluation of the cytotoxic effects of metal oxide and metalloid oxide nanoparticles: an experimental study. *Int J Mol Sci.* 2023,24(9):8383. DOI: 10.3390/ijms24098383
25. Sutunkova M.P., Katsnelson B.A., Privalova L.I., Gurvich V.B., Konysheva L.K., Shur V.Y. et al. On the contribution of the phagocytosis and the solubilization to the iron oxide nanoparticles retention in and elimination from lungs under long-term inhalation exposure. *Toxicology.* 2016,363-364:19-28. DOI: 10.1016/j.tox.2016.07.006.
26. Lai X., Wei Y., Zhao H., Chen S., Bu X., Lu F. et al. The effect of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnO nanoparticles on cytotoxicity and glucose metabolism in lung epithelial cells. *J Appl Toxicol.* 2015,35(6):651-64. DOI: 10.1002/jat.3128.
27. Tolliver L.M., Holl N.J., Hou F.Y.S., Lee H.J., Cambre M.H., Huang Y.W. Differential cytotoxicity induced by transition metal oxide nanoparticles is a function of cell killing and suppression of cell proliferation. *Int J Mol Sci.* 2020,21(5):1731. DOI: 10.3390/ijms21051731.
28. Faqi A.A. Comprehensive guide to toxicology in nonclinical drug development. Ed. 2. Academic Press, 2017, 971 p. DOI: 10.1016/C2015-0-00147-2
29. Otsuki M., Yuu H., Maeda M., Saeki S., Yamasaki T., Baba S. Amylase in the lung. *Cancer.* 1977,39:1656-1663. DOI: 10.1002/1097-0142(197704)39:4<1656::aid-cnrcr2820390440>3.0.co;2-8
30. Wang H., Wu Q. A case of amylase-producing small cell lung cancer. *Clin, Biochem.* 2016, 49(7-8):613-6. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2016.01.011
31. Berk J.E., Shimamura J., Fridhandler L. Amylase changes in disorders of the lung. *Gastroenterology.* 1978, 74(6), 1313-17.
32. Fijačko V., Labor M., Fijačko M., Škrinjarić-Cincar S., Labor S., Dumbović Dubravčić I. et al. Predictors of short-term LAMA ineffectiveness in treatment naïve patients with moderate to severe COPD. *Wien Klin Wochenschr.* 2018,130(7-8):247-258. DOI: 10.1007/s00508-017-1307-7
33. Suzuki T., Saitou M., Utano Y., Utano K., Niitsuma K. Bronchoalveolar lavage amylase levels can be a biomarker of aspiration pneumonia. *Pulmonology.* 2022, S2531-0437(22)00104-0. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2022.04.003

Поступила/Received: 15.04.2024

Принята в печать/Accepted: 21.05.2024

## К ЮБИЛЕЮ КАРИМОЙ ЛИЛИИ КАЗЫМОВНЫ



Каримова Л.К. после окончания с красным дипломом санитарно-гигиенического факультета Башкирского государственного медицинского института в 1977 году работает в Уфимском НИИ медицины труда и экологии человека.

Обучение в ВУЗе обеспечило Лилии Казымовне не только хорошие познания, но и сформировало ее как целеустремленного ученого. Начав свою профессиональную деятельность врачом-гигиенистом, Лилия Казымовна несет этот статус на всех этапах научной карьеры. В 1984 году окончание аспирантуры при Институте медицины труда РАН завершилось защитой кандидатской диссертации «Комплексная гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья работающих в современном производстве этилена и пропилена», выполненной под руководством Николая Федотовича Измерова. В дальнейшем он консультировал выполнение ею докторской работы «Научные основы системы оценки и управления рисками в нефтехимической промышленности», которую в 1999 году Каримова Л.К. защитила в стенах ставшего ей родным Московского научно-исследовательского института медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова.

В Уфимском НИИ гигиены и профзаболеваний в этот период совместно с В.И. Бойко, Н.И. Симоновой, Н.Р. Рахматуллиным и другими сотрудниками отдела изучалось несколько десятков новых, современных нефтехимических производств, и прямо в процессе строительства и модернизации вводились гигиенические требования, в которых Л.К. Каримова уже являлась опытным разработчиком.

В начале 2000-х гг. Лилия Казымовна возглавила команду единомышленников, с которыми были проведены исследования условий труда на ведущих предприятиях нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности и организациях, осуществляющих транспортировку нефти и газа: «Салаватнефтеоргсинтез», «Уфимский нефтеперерабатывающий завод», «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод», «Уфаоргсинтез», «Нижнекамскнефтехим», «РН-Туапсенефтепродукт», «РН-Туапсинский нефтеперерабатывающий завод», «Краснодарэконнефть – Краснодарский нефтеперерабатывающий завод».

В середине 90-х годов Лилия Казымовна внесла значительный вклад в становление химико-аналитической лаборатории с последующим ее утверждением в качестве испытательного Центра.

Под ее руководством выполнены 12 кандидатских и две докторские диссертации.

В 6 монографиях и 250 научных статьях Каримовой Л.К. анализируются вопросы силы, сроков и продолжительности влияния неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды на здоровье населения, проблемы охраны материнства и детства в регионах техногенного загрязнения.

Каримова Л.К. – соавтор 15 патентов на способы прогнозирования, диагностики и оценки влияния на организм работников нефте-, газо-, химических отраслей.

Лилия Казымовна – член авторского коллектива «Российской энциклопедии по медицине труда» (2005), а также разработчиков критериев профессионального риска для здоровья при прогнозировании развития профессиональных болезней у работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Профессионализм, трудолюбие, понимание научных проблем и важности их прикладной реализации отмечены на ведомственном и государственном уровнях: Почетная грамота Президиума Академии наук РБ, Золотой диплом РАЕН, значки «Отличник здравоохранения» Минздравсоцразвития РФ, «Отличник санэпидслужбы», медаль «90 лет Госсанэпидслужбе России», заслуженный работник здравоохранения РБ.

Лилия Казымовна, примите наши искренние поздравления по случаю Вашего юбилея и сердечные пожелания крепкого здоровья, счастья, благополучия, оптимизма, удачного воплощения в жизнь намеченных личных и профессиональных планов.

Коллективы ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»,  
редколлегия журнала «Медицина труда и экология человека»

**ПОЛЯНСКИЙ ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ**  
**(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

Полянский В.А. родился в Удмуртской АССР в г. Глазов 24 июня 1924 года. В 1942 г. окончил школу № 30 г. Ижевска, был мобилизован и прошел подготовку в ряды защитников Отечества. С начала 1943 г. находился в рядах действующей Советской Армии. Участвовал в боях Великой Отечественной войны в качестве командира отделения взвода разведки 4-го артиллерийского полка 4-й Бежецкой стрелковой дивизии. Участник ряда крупных сражений, в т.ч. на Курско-Орловской дуге, в Белорусской операции и обороне Сталинграда. После ранения в 1944 г. находился на лечении в госпиталях и был демобилизован. За боевые и трудовые заслуги награжден орденами Отечественной войны I степени, Славы III степени, медалью «Ветеран труда», получил почетное звание «Отличник здравоохранения», а также отмечен др. наградами и юбилейными медалями ВОВ.

Полянский В.А. в 1949 г. окончил лечебный факультет Ижевского государственного медицинского института и был направлен для работы в Магнитогорский НИИ гигиены труда и профзаболеваний (в 1955 г. был переименован в Уфимский НИИ гигиены и профзаболеваний) и переведен в г. Уфу для разработки вопросов гигиены труда и профессиональной патологии на предприятиях, добывающих и перерабатывающих сернистую нефть и газ, изучения токсичности продуктов их переработки, а также возможного влияния на условия труда и состояние здоровья работающих и населения нефтегазодобывающих, нефтегазоперерабатывающих, нефтехимических, микробиологических и др. производств всех республик и регионов СССР.

В.А. Полянский в 1966 г. получил степень кандидата медицинских наук, в разные годы был руководителем отдела гигиены и физиологии труда, старшим научным сотрудником, лектором общества «Знание», проработал в институте с 1955 г. и ушел на заслуженный отдых в 2000 г. в возрасте 75 лет. В институте вел не только большую научную и общественную работу, но и был в течение более 40 лет научным руководителем и наставником молодых врачей и научных кадров института. Ему одним из первых в институте в 60-е годы было присвоено высокое научное звание «старший научный сотрудник».

Благодаря исследованиям и внедрениям гигиениста труда В.А. Полянского, его многочисленных коллег и учеников были впервые выполнены физиолого-гигиенические исследования условий труда и состояния здоровья рабочих, занятых бурением и подземным ремонтом нефтяных скважин, где применялось новое оборудование (турбобуры и электробуры). На полуострове Мангышлак в Казахстане впервые изучены условия труда при бурении скважин в условиях жаркого климата, в Тюменской области – в условиях холодного климата.

В 1960 – 80 гг. под руководством и при личном участии В.А. Полянского были проведены комплексные клинико-гигиенические и физиолого-эргономические исследования в связи с научно-техническим прогрессом в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности в гг. Мозыре, Перми, Омске и др. Впервые была дана гигиеническая оценка загрязненности промышленных площадок Уфимских НПЗ, Стерлитамакского и Куйбышевского заводов синтетического каучука, Уфимского завода синтезспирта, Нижнекамского нефтехимического комбината, Казанского завода «Оргсинтез», Уфимского завода РТИ, Оренбургского газоперерабатывающего завода и др.

Материалы многолетних исследований обобщены им в 32 научно-исследовательских отчетах, более 100 хоздоговорных и научно-практических отчетах и 142 печатных работах. Он был автором более 45 нормативно-методических документов (ГОСТов, методических указаний и рекомендаций, санитарных правил и др.) союзного, федерального и регионального уровней.

Светлые и добрые воспоминания об участнике Великой Отечественной войне, старейшем гигиенисте труда, наставнике молодежи, скромном и уважаемом труженике ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», кандидате медицинских наук, старшем научном сотруднике Полянском Валентине Алексеевиче на многие годы останутся в нашей памяти.

Коллективы ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»,  
редколлегии журнала «Медицина труда и экология человека»