



Учредитель

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

ISSN 2219-5238 (Print)
ISSN 2619-0788 (Online)

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Russian monthly peer-reviewed scientific and practical journal

PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Established in 1993

№ 10 Том 30 · 2022
Vol. 30 · 2022

Журнал входит в рекомендованный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Журнал зарегистрирован в каталоге периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory, входит в коллекцию Национальной медицинской библиотеки (США).

Журнал представлен на платформах агрегаторов «eLIBRARY.RU», «КиберЛенинка», входит в коллекцию реферативно-аналитической базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), баз данных: Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, PГБ, Dimensions, LENS.ORG, Google Scholar, VINITI RAN.

Москва • 2022

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 30 № 10 2022

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

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

Учредитель: Федеральное
бюджетное учреждение здраво-
охранения «Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потреби-
телей и благополучия человека

Цель: распространение
основных результатов научных
исследований и практических
достижений в области гигиены,
эпидемиологии, общественного
здоровья и здравоохранения,
медицины труда, социологии
медицины, медико-социальной
экспертизы и медико-социальной
реабилитации на российском и
международном уровне.

Задачи журнала:

- ➔ Расширять свою издательскую
деятельность путем повышения
географического охвата публи-
куемых материалов (в том
числе, с помощью большего
вовлечения представителей
международного научного
сообщества).
- ➔ Неукоснительно следовать
принципам исследовательской
и издательской этики, беспри-
страстно оценивать и тщательно
отбирать публикации, для
исключения неэтичных действий
или плагиата со стороны
авторов, нарушения общепри-
нятых принципов проведения
исследований.
- ➔ Обеспечить свободу контента,
редколлегии и редсовета
журнала от коммерческого,
финансового или иного давления,
дискредитирующего его беспри-
страстность или снижающего
доверие к нему.

Все рукописи подвергаются
рецензированию.
Всем статьям присваивается ин-
дивидуальный код DOI (Crossref
DOI prefix: 10.35627).

Для публикации в журнале:
статьи в электронном виде должны
быть отправлены через личный
кабинет автора на сайте
<https://zniso.fcgi.ru/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А.Ю. Попова

Д.м.н., проф., Заслуженный врач Российской Федерации; Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главный государственный санитарный врач Российской Федерации; заведующий кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора В.Ю. Ананьев

К.м.н.; Главный врач ФБУЗ ЦГиЭ Роспотребнадзора; доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Г.М. Трухина

(научный редактор)
Д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; руководитель отдела микробиологических методов исследования окружающей среды института комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

Ответственный секретарь Н.А. Горбачева

К.м.н.; заместитель заведующего учебно-издательским отделом ФБУЗ ЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

В.Г. Акимкин д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

Е.В. Ануфриева д.м.н., доц.; заместитель директора по научной работе ГАУ ДПО «Уральский институт (научный редактор) правления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский специалист по медицинской помощи в образовательных организациях Минздрава России по Уральскому федеральному округу (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

А.М. Большаков д.м.н., проф. (г. Москва, Российская Федерация)

Н.В. Зайцева д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

О.Ю. Милушкина д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Н.В. Рудаков д.м.н., проф., акад. РАЕН; директор ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора; заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский ГМУ» Минздрава России (г. Омск, Российская Федерация)

О.Е. Троценко д.м.н.; директор ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора (г. Хабаровск, Российская Федерация)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.В. Алехнович д.м.н., проф.; заместитель начальника ФГБУ «Третий центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России по исследовательской и научной работе (г. Москва, Российская Федерация)

В.А. Алешкин д.б.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «Московский НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.Н. Габричевского» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

С.В. Балахонов д.м.н., проф.; директор ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Н.А. Бокарева д.м.н., доц.; профессор кафедры гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Е.Л. Борщук д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Оренбург, Российская Федерация)

Н.И. Брико д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; директор института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

В.Б. Гурвич д.м.н., Заслуженный врач Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Т.К. Дзагурова д.м.н.; заведующий лабораторией геморрагических лихорадок ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита) (г. Москва, Российская Федерация)

С.Н. Киселев д.м.н., проф.; проректор по учебно-воспитательной работе, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Хабаровск, Российская Федерация)

О.В. Клепиков д.б.н., проф.; профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж, Российская Федерация)

В.Т. Комов д.б.н., проф.; заместитель директора по научной работе ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН» (п. Борок, Ярославская обл., Российская Федерация)

Э.И. Коренберг д.б.н., проф., акад. РАЕН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, заведующий лабораторией переносчиков инфекций ФГБУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

В.М. Корзун д.б.н.; старший научный сотрудник, заведующий зоолого-паразитологическим отделом ФКУЗ «Иркутский орден Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Е.А. Кузьмина к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

В.В. Кутырев д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)

Н.А. Лебедева-Несверя д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профилактическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

А.Н. Покида к.социол.н.; директор Научно-исследовательского центра социально-политического мониторинга Института общественных наук ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации) (г. Москва, Российская Федерация)

- Н.В. Полунина д.м.н., проф., акад. РАН; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения имени академика Ю.П. Лисицына педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.В. Прокопенко д.м.н., проф.; заведующая лабораторией физических факторов отдела по изучению гигиенических проблем в медицине труда ФГБУН «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (г. Москва, Российская Федерация)
- И.К. Романович д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- В.Ю. Семенов д.м.н., проф.; заместитель директора по организационно-методической работе Института коронарной и сосудистой хирургии им. В.И. Бураковского ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- С.А. Судьин д.социол.н., доц.; заведующий кафедрой общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- А.В. Суров д.б.н., членкор РАН; заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией сравнительной этиологии биокommunikации ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- В.А. Тутельян д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), эксперт ВОЗ по безопасности пищи (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.А. Хляп к.б.н.; старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (ИПЭЭ РАН) (г. Москва, Российская Федерация)
- В.П. Чашин д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- А.Б. Шевелев д.б.н.; главный научный сотрудник группы биотехнологии и геномного редактирования ИОГен РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- Д.А. Шпилев д.социол.н., доц.; профессор кафедры криминологии Нижегородской академии МВД России, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- М.Ю. Щелканов д.б.н., доц., директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, заведующий базовой кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности в Институте наук о жизни и биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)
- В.О. Щепин д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, руководитель научного направления ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- М.К. Амрин к.м.н., доц.; начальник отдела медицинских программ филиала Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Инфракос» Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (МЦРИАП РК) в городе Алматы (г. Алматы, Республика Казахстан)
- К. Баждарич доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)
- А.Т. Досмухаметов к.м.н., руководитель Управления международного сотрудничества, менеджмента образовательных и научных программ Филиала «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологического экспертизы и мониторинга» (НПЦ СЭЭИМ) РГП на ПХВ «Национального Центра общественного здравоохранения» (НЦОЗ) Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)
- В.С. Глушанко д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПК и ПК, профессор учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» Министерства здравоохранения Республики Беларусь (г. Витебск, Республика Беларусь)
- М.А. оглы Казимов д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку, Азербайджан)
- Ю.П. Курхинен д.б.н.; приглашённый учёный (программа исследований в области органической и эволюционной биологии), Хельсинкский университет, (Финляндия), ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научно-исследовательского центра РАН (г. Петрозаводск, Российская Федерация)
- С.И. Сычик к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)
- И. Томассен Cand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)
- Ю.О. Удланд доктор философии (мед.), профессор глобального здравоохранения, Норвежский университет естественных и технических наук (г. Тронхейм, Норвегия); ведущий научный сотрудник института экологии НИУ ВШЭ (г. Москва, Российская Федерация)
- Г. Ханн доктор философии (мед.), профессор; председатель общественной организации «Форум имени Р. Коха и И.И. Мечникова», почетный профессор медицинского университета Шарите (г. Берлин, Германия)
- А.М. Цацакис доктор философии (органическая химия), доктор наук (биофармакология), профессор, иностранный член Российской академии наук, полноправный член Всемирной академии наук, почетный член Федерации европейских токсикологов и европейских обществ токсикологии (Eurotox); заведующий кафедрой токсикологии и судебно-медицинской экспертизы Школы медицины Университета Крита и Университетской клиники Ираклиона (г. Ираклион, Греция)
- Ф.-М. Чжан д.м.н., заведующий кафедрой микробиологии, директор Китайско-российского института инфекции и иммунологии при Харбинском медицинском университете; вице-президент Хэйлунцзянской академии медицинских наук (г. Харбин, Китай)

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 30 № 10 2022

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

Все права защищены. Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала ЗНиСО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. При использовании материалов ссылка на журнал ЗНиСО обязательна.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. Ответственность за достоверность информации, содержащейся в рекламных материалах, несут рекламодатели.

Контакты редакции:

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
E-mail: zniso@fcgie.ru
Тел.: +7(495) 633-1817 доб. 240
факс: +7(495) 954-0310
Сайт журнала: <https://zniso.fcgie.ru/>

Издатель:

ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
E-mail: gsen@fcgie.ru
Тел.: +7 (495) 954-45-36
<https://fcgie.ru/>

Редактор Я.О. Кин
Корректор Л.А. Зелексон
Переводчик О.Н. Лежнина
Верстка Е.В. Ломанова

Журнал распространяется по подписке. Подписной индекс по каталогу агентства «Урал-Пресс» – 40682. Статьи доступны по адресу <https://www.elibrary.ru>. Подписка на электронную версию журнала: <https://www.elibrary.ru>

По вопросам размещения рекламы в номере обращаться: zniso@fcgie.ru, тел.: +7(495) 633-1817

Опубликовано 14.10.2022
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 12,5
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10
С. 7–100

Отпечатано в типографии ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 19А

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2022

**Zdorov'e Naseleniya
i Sreda Obitaniya –
ZNiSO**

**Public Health and Life
Environment – PH&LE**

**Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal**

Volume 30, Issue 10, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

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

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

The purpose of the journal is to publish main results of scientific research and practical achievements in hygiene, epidemiology, public health and health care, occupational medicine, sociology of medicine, medical and social expertise, and medical and social rehabilitation at the national and international levels.

The main objectives of the journal are:

- ✦ to broaden its publishing activities by expanding the geographical coverage of published data (including a greater involvement of representatives of the international scientific community);
- ✦ to strictly follow the principles of research and publishing ethics, to impartially evaluate and carefully select manuscripts in order to eliminate unethical research practices and behavior of authors and to avoid plagiarism; and
- ✦ to ensure the freedom of the content, editorial board and editorial council of the journal from commercial, financial or other pressure that discredits its impartiality or undermines confidence in it.

All manuscripts are peer reviewed. All articles are assigned digital object identifiers (Crossref DOI prefix: 10.35627)

Electronic manuscript submission at <https://zniso.fcgi.ru>

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2022

EDITORIAL BOARD

Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

Cand. Sci. (Med.); Head Doctor of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Assoc. Prof. of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief (Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Head of the Department of Microbiological Methods of Environmental Research, Institute of Complex Problems of Hygiene, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Moscow, Russian Federation

Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head of the Department for Educational and Editorial Activities, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vasily G. Akimkin

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Elena V. Anufrieva
(Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation

Alexey M. Bolshakov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation

Nina V. Zaitseva

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Olga Yu. Milushkina

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Nikolai V. Rudakov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Olga E. Trotsenko

Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichovsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Alekhnovich

Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Sergey A. Balakhonov

Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation

Natalia A. Bokareva

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Evgeniy L. Borshchuk

Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

Nikolai I. Briko

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Vladimir B. Gurvich

Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation

Tamara K. Dzagurova

Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomielitis), Moscow, Russian Federation

Sergey N. Kiselev

Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

Oleg V. Klepikov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geocology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Victor T. Komov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation

Eduard I. Korenberg

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir M. Korzun

Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation

Elena A. Kuzmina

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Kutyrev

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation

Natalia A. Lebedeva-Neseyrya Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovsky Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Alexey V. Surov	Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director for Science, Chief Researcher, Head of the Laboratory for Comparative Ethology of Biocommunication, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation
Victor A. Tutelyan	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation
Liudmila A. Khlyap	Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Institute of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Valery P. Chashchin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation
Alexey B. Shevelev	Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Biotechnology and Genomic Editing Group, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation
Dmitry A. Shpilev	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, N.I. Lobachevsky National Research State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Mikhail Yu. Shchelkanov	Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Director of G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Head of the Basic Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology with the International Research and Educational Center for Biological Safety, School of Life Sciences and Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Virology Laboratory, Federal Research Center for East Asia Terrestrial Biota Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
Vladimir O. Shchepin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of Research Direction, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

Meiram K. Amrin	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Head of the Department of Medical Programs, Branch Office of RSE "Infrakos" of the Aerospace Committee, Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan, in Almaty, Almaty, Republic of Kazakhstan
Ksenia Bazhdarich	PhD, Senior Researcher, Medical Informatics Department, Faculty of Medicine, University of Rijeka, Rijeka, Croatia
Askhat T. Dosmukhametov	Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of International Cooperation, Management of Educational and Research Programs, Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring, National Center of Public Health Care of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan
Vasily S. Glushanko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care with the course of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Vitebsk, Republic of Belarus
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
Juri P. Kurhinen	Dr. Sci. (Biol.), Visiting Scientist, Research Program in Organismal and Evolutionary Biology, University of Helsinki, Finland; Leading Researcher, Laboratory of Landscape Ecology and Protection of Forest Ecosystems, Forest Institute, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
Yngvar Thomassen	Candidatus realium (Chem.), Senior Advisor, National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway; Leading Scientist, Arctic Biomonitoring Laboratory, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation
Aristidis Michael Tsatsakis	PhD (Org-Chem), DSc (Biol-Pharm), Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Full Member of the World Academy of Sciences, Honorary Member of EUROTOX; Director of the Department of Toxicology and Forensic Science, School of Medicine, University of Crete and the University Hospital of Heraklion, Heraklion, Greece
Sergey I. Sychik	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Director of the Republican Scientific and Practical Center for Hygiene, Minsk, Republic of Belarus
Jon Øyvind Odland	MD, PhD, Professor of Global Health, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway; Chair of AMAP Human Health Assessment Group, Tromsø University, Tromsø, Norway
Helmut Hahn	MD, PhD, Professor, President of the R. Koch Medical Society, Berlin, Germany
Feng-Min Zhang	Dr. Sci. (Med.), Chairman of the Department of Microbiology, Director of the China-Russia Institute of Infection and Immunology, Harbin Medical University; Vice President of Heilongjiang Academy of Medical Sciences, Harbin, China

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 30, Issue 10, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

All rights reserved. Reprinting and any reproduction of materials and illustrations in printed or electronic form is allowed only with the written permission of the founder and publisher – FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. A reference to the journal is required when quoting. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. Advertisers are solely responsible for the contents of advertising materials.

Editorial Contacts:

Public Health and Life Environment
FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology
19A Varshavskoe Shosse, Moscow,
117105, Russian Federation
E-mail: zniso@fcgie.ru
Tel.: +7 495 633-1817 Ext. 240
Fax: +7 495 954-0310
Website: <https://zniso.fcgie.ru/>

Publisher:

FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology
19A Varshavskoe Shosse, Moscow,
117105, Russian Federation
E-mail: gsen@fcgie.ru
Tel.: +7 495 954-4536
Website: <https://fcgie.ru/>

Editor Yaroslava O. Kin
Proofreader Lev A. Zelekson
Interpreter Olga N. Lezhnina
Layout Elena V. Lomanova

The journal is distributed by
subscription.
"Ural-Press" Agency Catalog
subscription index – 40682
Articles are available at <https://www.elibrary.ru>

Subscription to the electronic version of
the journal at <https://www.elibrary.ru>
For advertising in the journal, please
write to zniso@fcgie.ru.

Published: October 14, 2022
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 12.5

Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.
2022;30(10):7–100.

Published at the Printing House of
the Federal Center for Hygiene and
Epidemiology, 19A Varshavskoe
Shosse, Moscow, 117105

© FBHI Federal Center for Hygiene and
Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2022



*К XIII Всероссийскому съезду гигиенистов,
токсикологов и санитарных врачей,
посвященному 100-летию со дня образования
государственной санитарно-
эпидемиологической службы России*

Уважаемые читатели, коллеги!

Десятый номер журнала «Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО» выходит в канун важного события – XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей (г. Москва, 26–28 октября 2022 года). Съезд проводит Общероссийская общественная организация «Общество гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей», которая является ключевой площадкой для обсуждения актуальных гигиенических проблем, обмена опытом, определения перспективных направлений в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В разные годы обществом руководили выдающиеся деятели науки, в числе которых Ф.Ф. Эрисман, А.В. Мольков, Н.А. Семашко, А.Н. Сысин, Ф.Г. Кротков, Г.Н. Сердюковская, А.П. Шицкова, Н.Н. Литвинов, Г.В. Селюжитский, Е.Н. Беляев, А.В. Истомин, Н.В. Шестопалов. С февраля 2021 г. общество возглавляет академик РАН В.Н. Ракитский.

Съезд – значимое событие в ряду памятных дат, отмечаемых в этом году: 100-летия со дня образования государственной

санитарно-эпидемиологической службы России (1922 г.), 130-летия Московского гигиенического общества (1892 г.) и 180-летия со дня рождения одного из основателей гигиенической науки – Фёдора Фёдоровича Эрисмана.

Выход в свет десятого номера журнала, приуроченный к проведению Съезда, еще раз подчеркивает важность события для всего сообщества. Журнал «Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО», основанный в 1993 г., является одним из самых популярных и востребованных рецензируемых научно-практических журналов среди специалистов в области профилактической медицины – гигиенистов, эпидемиологов, специалистов в области организации здравоохранения и общественного здоровья, социологии медицины.

Дорогие коллеги и друзья! Мы рады приветствовать вас на страницах нашего журнала и приглашаем продолжить обсуждение актуальных вопросов по важнейшим направлениям гигиенической науки и практики.

*Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации,
Главный редактор научно-практического
журнала «Здоровье населения и среда обитания»*

А.Ю. Попова

СОДЕРЖАНИЕ

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Май И.В., Зайцева Н.В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха	7
Трухина Г.М., Ярославцева М.А., Дмитриева Н.А. Современные тенденции санитарной микробиологии в реализации санитарно-эпидемиологического надзора за безопасностью водных объектов	16
Алексеев В.Б., Май И.В., Клейн С.В., Кошурников Д.Н. Транспортный шум как фактор риска здоровью населения и установления ограничений использования земельных участков городских и сельских поселений	25
Чуйко Г.М., Законнов В.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А. Методический подход к оценке источников и путей поступления стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в пресноводные объекты	33

МЕДИЦИНА ТРУДА

Жеглова А.В., Лапко И.В., Богатырева И.А. Совершенствование системы сохранения здоровья работников социальной сферы	40
Некрасова М.М., Федотова И.В., Мелентьев А.В., Черникова Е.Ф., Васильева Т.Н., Потапова И.А., Телюпина В.П., Мельникова А.А., Моисеева Е.В. Оценка адаптационного риска у лиц, работающих во вредных условиях труда (на примере металлургического производства)	48
Батов В.Е., Кузнецов С.М. Гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов	58
Новикова А.В., Широков В.А., Егорова А.М. Напряженность труда как фактор риска развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств в различных профессиональных группах (обзор литературы)	67
Егорова А.М., Сухова А.В. Гигиеническая оценка влияния базовых станций сотовой связи на здоровье населения (обзор литературы)	75

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Ананьев В.Ю., Зароченцев М.В., Моргачев О.В., Мустафина И.З. Опыт внедрения современных методов анализа пищевой продукции в рамках обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора	81
Гузик Е.О. Организация школьного питания в Республике Беларусь	92

CONTENTS

COMMUNAL HYGIENE

May I.V., Zaitseva N.V. Population health risk and harm indicators in the system of new mechanisms for air quality monitoring and management	8
Trukhina G.M., Iaroslavtseva M.A., Dmitrieva N.A. Current trends in sanitary microbiology within implementation of sanitary and epidemiological surveillance of safety of water bodies	16
Alekseev V.B., May I.V., Kleyn S.V., Koshurnikov D.N. Traffic noise as a factor of health risks and restrictions on the use of land plots of urban and rural settlements	25
Chuiko G.M., Zakonnov V.V., Brodsky E.S., Shelepchikov A.A. A methodological approach to assessing sources and pathways for persistent organic pollutants in freshwater bodies	33

OCCUPATIONAL MEDICINE

Zheglova A.V., Lapko I.V., Bogatyreva I.A. Improving the system of health maintenance in social workers	40
Nekrasova M.M., Fedotova I.V., Melentev A.V., Chernikova E.F., Vasilyeva T.N., Potapova I.A., Telyupina V.P., Mel'nikova A.A., Moiseeva E.V. Assessment of adaptive risk for workers exposed to occupational hazards in the metallurgical industry	48
Batov V.E., Kuznetsov S.M. Hygienic assessment of personal protective equipment against biological hazards	58
Novikova A.V., Shirokov V.A., Egorova A.M. Work intensity as a risk factor for burnout, anxiety and depressive disorders in various occupational cohorts: A literature review	67
Egorova A.M., Sukhova A.V. Hygienic assessment of population health effects of cellular base stations: A literature review	75

FOOD HEALTH

Ananyev V.Yu., Zarochentsev M.V., Morgachev O.V., Mustafina I.Z. Experience of introducing advanced methods of food safety and quality testing as part of ensuring state sanitary and epidemiological surveillance	81
Guzik E.O. School feeding in the Republic of Belarus	92



Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха

И.В. Май, Н.В. Зайцева

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

Резюме

Введение. Рассмотрены основные законодательные и методические аспекты модернизации системы управления качеством атмосферного воздуха в стране.

Цель: обобщение опыта применения процедуры оценки риска и вреда здоровью в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха.

Материалы и методы. Использованы результаты сводных расчетов рассеивания выбросов по 12 городам – участникам проекта «Чистый воздух» (от 1,5 до 6,5 тыс. источников по городу) и результаты оценки риска здоровью при воздействии загрязнений воздуха. Выполнен анализ результатов углубленных медико-биологических исследований (порядка 2 тыс. химических, иммунологических, клинических анализов, проведенных в период 2020–2022 гг.) в зонах влияния объектов горнодобывающей и химической промышленности и на территориях вне зон влияния.

Основные результаты. Показано, что в городах, включенных в эксперимент по внедрению новых методов управления выбросами, риски оцениваются как неприемлемые, достигая в ряде случаев уровня «очень высокий» в отношении органов дыхания, систем крови и кроветворных органов, костно-мышечной системы и пр. Обоснованы перечни приоритетных веществ для мониторинга и квотирования и перечни приоритетных объектов, формирующих неприемлемые риски. Показано, что оценка вреда здоровью как показателя реализации рисков в конкретных условиях может являться дополнительным доказательством опасного воздействия загрязнения внешней среды на здоровье населения. Для развития действующей нормативно-методической базы системы мониторинга и нормирования предложена принципиальная схема включения оценки риска и вреда здоровью в систему управления качеством атмосферного воздуха.

Выводы. Процедуры оценки риска и вреда здоровью представляются важной составной частью управления качеством воздуха. Результаты таких оценок обеспечивают адекватность программ мониторинга реальной ситуации, повышают адресность и корректность принимаемых управляющих действий и гарантируют оптимальное достижение основной цели управления – сохранения здоровья населения, безопасности и комфортности среды обитания.

Ключевые слова: источники выбросов, атмосферный воздух, риск, вред для здоровья, квотирование, управление.

Для цитирования: Май И.В., Зайцева Н.В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 7–15. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15>

Сведения об авторах:

✉ **Май Ирина Владиславовна** – д.б.н., профессор, заместитель директора по научной работе; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Зайцева Нина Владимировна – акад. РАН, д.м.н., профессор, научный руководитель; e-mail: znv@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Зайцева Н.В., Май И.В.*; сбор и обработка материала: *Май И.В.* анализ и интерпретация результатов: *Май И.В.*; обзор литературы: *Май И.В.*; подготовка проекта рукописи: *Зайцева Н.В., Май И.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование выполнено при финансировании научных работ в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

Конфликт интересов: соавтор статьи Зайцева Н.В. является членом редакционной коллегии научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 26.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Population Health Risk and Harm Indicators in the System of New Mechanisms for Air Quality Monitoring and Management

Irina V. May, Nina V. Zaitseva

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

Summary

Introduction: The article dwells on major legislative and methodical aspects related to the latest update of the system for air quality management in the country.

Objective: To summarize the experience in applying the health risk assessment procedure to the system of new mechanisms for ambient air quality monitoring and management.

Materials and methods: The study relied on the results obtained by summary estimates of dispersion of emissions from 1.5 to 6.5 thousand sources per city and health risk assessment in twelve cities included in the Federal Clean Air Project. We also analyzed the results of biomedical studies (about two thousand chemical, immunological, and clinical tests done in 2020–2022) in and outside the zones of influence of mining and chemical industries.

Results: Health risks were estimated as unacceptable in the cities included in the experiment on introducing new emission control technologies. In some cases, risks were rated as “very high” for diseases of the respiratory system, blood and blood-forming organs, musculoskeletal system, etc. We substantiated the lists of priority pollutants for emission monitoring and quoting and the lists of priority objects generating unacceptable risks. We demonstrate that the evaluation of health damage as an indicator of realized risks under certain circumstances can serve as yet another evidence of adverse health effects of environmental pollution. We suggest a fundamental algorithm for including the assessment of human health risks and damages into the system of air quality management for elaboration of the existing regulatory and methodological framework of monitoring and standardization.

Conclusions: The procedures of assessing health risks and damages are a significant component of air quality management. Their results ensure adequacy of the monitoring programs to the current situation, make managerial actions more targeted and precise, and guarantee optimal achievement of the major goal to preserve public health through safe and comfortable environment.

Keywords: emission sources, ambient air, risk, harm to health, quoting, management.

For citation: May IV, Zaitseva NV. Population health risk and harm indicators in the system of new mechanisms for air quality monitoring and management. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):7–15 (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15>

Author information:

✉ Irina V. May, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Deputy Director for Research; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Nina V. Zaitseva, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Professor, Scientific Director; e-mail: znv@fcrisk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

Author contributions: study conception and design: Zaitseva N.V., May I.V.; data collection and processing: May I.V.; analysis and interpretation of results: May I.V.; literature review: May I.V.; draft manuscript preparation: Zaitseva N.V., May I.V. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The study was conducted as part of the research work within the framework of the Federal Clean Air Project of the National Ecology Project.

Conflict of interest: The coauthor of the article Nina V. Zaitseva is the Member of the Editorial Board of the journal *Public Health and Life Environment*; the first author declares that there is no conflict of interest

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Загрязненный атмосферный воздух крупных городов страны был и остается важным фактором риска для здоровья населения. Данное положение доказано многочисленными отечественными и зарубежными исследованиями [1–7]. Растет понимание того, что загрязнение атмосферы влияет на медико-демографические показатели — смертность, заболеваемость и продолжительность жизни населения [5, 6], а в ряде случаев является причиной повышенной социальной напряженности и снижения привлекательности города как места постоянного жительства [7].

Улучшение качества воздуха на селитебных территориях достигается комплексом регулирующих действий: модернизацией промышленных предприятий с переходом на наилучшие достижимые технологии; совершенствованием автотранспортных средств и моторного топлива; оптимизацией транспортных схем городов; применением новых архитектурно-планировочных решений и т. п. Однако на текущий момент установление допустимых выбросов для хозяйствующих субъектов с императивным требованием достижения установленных уровней воздействия остается в России одним из наиболее применяемых инструментов.

Вступление 01.11.2019 в силу Федерального закона Российской Федерации № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ...»¹ и реализация федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» сделало возможным научное обоснование и одновременно апробацию на практике новых инструментов управления качеством атмосферного воздуха.

Задача квотирования как механизма регулирования выбросов — получить значимое сокращение выбросов приоритетных опасных веществ в атмосферу городов с высокими и очень высокими уровнями загрязнения воздуха. Впервые в практике определения допустимых выбросов на законодательном уровне определено, что регулированию подлежат примеси, выбросы которых не только влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, но и «создают риски для здоровья человека» (статья 3 Федерального закона № 195-ФЗ).

Включение процедуры оценки риска для здоровья в задачу управления качеством воздуха в полной мере соответствует лучшей мировой

практике, которая на сегодня закреплена в документе Всемирной организации здравоохранения «Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха. Общие принципы»² и применяется в ряде стран [8, 9]. Инструмент, несомненно, обеспечивает большую адресность управляющих действий и оптимизацию финансовых затрат на достижение основных целей управления.

В течение 2019–2021 гг. оценка аэрогенного риска для здоровья была выполнена рядом научных организаций Роспотребнадзора в городах, вошедших в федеральный проект (Братск, Красноярск Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец, Чита) [10–12]. Накоплен определенный опыт в оценке риска для задач квотирования, выявлен ряд проблем в его использовании и одновременно определены перспективы совершенствования.

Параллельно с интеграцией методологии оценки риска в задачи управления качеством воздуха развивается и научное направление, связанное с оценкой и доказательством вреда здоровью при воздействии внешнесредовых факторов [13, 14]. Вред рассматривается как реализованный риск, как событие совершившееся (в отличие от риска, который являет собой вероятностную величину). Сопряжение исследований риска и вреда здоровью формирует новое знание о зависимостях в системе «среда — здоровье», позволяет корректировать управляющие действия по обеспечению безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. При этом создается система аргументов и требований к определенным хозяйствующим субъектам по разработке и проведению мероприятий по защите среды обитания и здоровья населения. Такими аргументами являются: идентификация и количественное определение в биологических средах и тканях человека маркеров экспозиции и маркеров ответов на определенные виды воздействия; достоверно повышенная частота заболеваний, патогенетически связанных с фактором риска, неспецифичность течения этого заболевания у группы лиц из зон воздействия и т. п. [15, 16].

В целом представляется, что современный этап трансформации правил и порядка управления качеством воздуха, в том числе через реализацию федерального проекта «Чистый воздух», крайне

¹ Федеральный закон Российской Федерации № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». [Электронный ресурс.] // КонсультантПлюс. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/ (дата обращения: 10.08.2022).

² Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха — общие принципы. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 год. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/300876/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-ru.pdf (дата обращения: 08.07.2022).

удачен для построения системы сопряжения расчетов рассеивания, инструментальных измерений, оценки риска и вреда здоровью. Такая система могла бы рассматриваться как надежная информационная основа для выработки оптимальных решений по кардинальному улучшению качества воздуха и здоровья населения на проблемных территориях.

Цель настоящего исследования состояла в обобщении опыта применения процедуры оценки риска и вреда здоровью в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха.

Материалы и методы. В качестве исходной информации об источниках рисков во всех городах проекта использовали сводные базы данных параметров стационарных и передвижных источников выбросов, переданные Министерством природных ресурсов и экологии в адрес Роспотребнадзора. Базы данных по каждому городу были максимально полными. Так, базы данных содержали параметры 1627 источников в г. Братске (суммарный выброс порядка 127,2 тыс. тонн/год), 6,4 тыс. источников в г. Красноярске (190,0 тыс. тонн/год); 2145 источников в г. Норильске (1900 тыс. тонн/год) и т. д.³ Расчеты приземных концентраций, формируемые выбросами предприятий, автотранспорта, автономных источников теплоснабжения, выполняли с помощью унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог-Город» 4.60.1 с блоком расчета «Средние». Программы реализуют методы атмосферной диффузии, утвержденные к применению в Российской Федерации⁴. Метеофайлы для определения среднегодовых концентраций примесей поступали по запросу из Главной геофизической обсерватории им. Воейкова.

По каждому городу был проведен сбор исходной картографической информации в векторном формате. На цифровых картах были атрибутированы жилые здания, улично-дорожная сеть, промышленные площадки, водные объекты.

В ряде городов расчеты риска выполняли в реперных точках и/или по регулярной сетке (Липецк, Омск, Медногорск, Челябинск, Нижний Тагил). В Братске, Красноярске, Чите, Норильске расчет приземных концентраций загрязняющих веществ проводили в точках, соответствующих геометрическим центрам жилых строений. Выбранный подход несколько осложнял стадию ввода данных для расчета, однако давал целый ряд преимуществ: обеспечивал максимально полный учет воздействия на население, позволял устранить попадание точек на промышленные площадки, дороги, водные объекты и повысить корректность оценок воздействия; допускал возможность оценивать риск даже в зонах с минимальной плотностью застройки.

В каждой расчетной точке во всех городах были определены максимальные разовые и среднегодовые концентрации загрязняющих веществ и не менее 20 наибольших вкладов отдельных источников в каждую из концентраций.

Расчет показателей риска проводили в соответствии с Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»⁵ с учетом актуальных данных о референтных уровнях воздействия и критических органах и системах. Оценку риска выполняли путем последовательной реализации всех необходимых этапов: идентификация опасности, оценка экспозиции, выбор зависимостей «экспозиция – ответ», характеристика риска.

Канцерогенный риск для здоровья выражали через величины риска при условии пожизненной экспозиции. Неприемлемым считали риск выше 1×10^{-4} . Канцерогенный риск выше 1×10^{-3} характеризовали как неприемлемый, высокий.

Неканцерогенный риск для здоровья выражали через коэффициенты и индексы опасности при остром и хроническом воздействии. Индекс опасности (hazard index, HI) в отношении отдельных поражаемых органов и систем при $HI > 3,0$ рассматривали как неприемлемый. При уровне HI от 3,0 до 6,0 риск определяли как настояражающий; при уровне $HI > 6,0$ – как высокий⁶. По результатам оценки риска формировали перечень приоритетных примесей, оказывающих наибольшее негативное влияние на здоровье населения. Приоритетные примеси рекомендовали для задач квотирования, экологического и социально-гигиенического мониторинга.

К приоритетным относили примеси, которые: а) по данным расчетов рассеивания формировали приземные концентрации выше ПДКм.р. (при расчете кратковременного воздействия экспозиции на неблагоприятные метеорологические условия) и/или выше ПДКс.г.; б) характеризовались индивидуальными коэффициентами опасности (HQ) $> 1,0$; в) входили в список примесей, формирующих в сумме более 95 % неприемлемого риска для здоровья в отношении критических органов или систем.

Вклад отдельного объекта (предприятия, автотранспорта, автономного источника теплоснабжения) в показатели риска определяли как взвешенное среднее вкладов предприятия во всех расчетных точках на территории.

Интегральную оценку вкладов отдельных объектов в показатели риска здоровью населения для города в целом проводили через взвешенное осреднение по всем точкам. Расчет интегрального вклада объектов в индекс опасности проводили только для зон неприемлемого риска отдельно для

³ По данным отчета о выполнении работ «Формирование сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для городов Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Чита, включая инструментальные обследования загрязнения атмосферного воздуха. Проведение анализа репрезентативности существующей сети инструментальных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и возможные пути развития». – СПб.: АО «НИИ Атмосфера», 2020.

⁴ Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).

⁵ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска при воздействии веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://lawrussia.ru/bigtexts/law_553/index.htm (дата обращения: 08.07.2022).

⁶ МР 2.1.10.0156–19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения». Утв. Роспотребнадзором от 02.12.2019. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415503/ (дата обращения: 08.07.2022).

каждого критического органа или системы. По результатам оценки вкладов определяли приоритетные объекты, формирующие неприемлемые риски для здоровья населения как в целом по городу, так и в локальных зонах неприемлемого риска.

Расчет риска верифицировали данными углубленных медико-биологических исследований (порядка 2 тыс. химических, иммунологических, клинических анализов), выполненных в период 2020–2022 гг. в городах — участниках проекта. Исследовали состояние здоровья более 1,2 тыс. человек, постоянно проживающих в зонах влияния объектов горнодобывающей и химической промышленности и на территориях сравнения (вне зон влияния промышленных источников выбросов).

Основные результаты. Во всех исследованных городах были выявлены уровни аэрогенного риска того или иного вида, которые характеризовались как неприемлемые. В качестве примера в табл. 1 приведены результаты оценки канцерогенного и неканцерогенного риска нарушения функций ряда критических органов и систем в 6 из 12 городов федерального проекта.

Из приведенных данных видно, что специфика загрязнения города определяет и спектр нарушений здоровья, и уровни риска. При этом в Челябинске и Нижнем Тагиле пожизненный канцерогенный риск достигал в отдельных микрорайонах города уровня, превышающего $1,0 \times 10^{-3}$ (риск высокий), что по международной классификации неприемлемо не только для населения, но даже для работающих лиц.

Кроме приведенных в таблице поражаемых органов и систем в отдельных городах зафиксирован неприемлемый хронический риск в отношении болезней костно-мышечной системы (Братск, Красноярск — риск в отдельных зонах до 8,2 НІ); системных нарушений (Братск, НІ_{max} = 5,8) и т. п. Установлены неприемлемые уровни риска и при кратковременном (остром) воздействии. Так, в Череповце отмечены острые риски на уровне выше НІ = 3,0 в отношении иммунной системы, развития потомства, крови. В Братске острый риск системных нарушений достигал величины 27,4 НІ. В Красноярске острые риски фиксировали в отношении болезней органов дыхания (до 9,3 НІ), системных нарушений (до 7,8 НІ); болезней крови (до 23,3 НІ); иммунной системы (до 24,2 НІ) и т. п.

Определено, что в зонах неприемлемого риска проживает от 6,0 % (г. Череповец) до 100 % населения (г. Норильск). В целом в 12 городах,

включенных в федеральный проект, в зонах того или иного риска для здоровья проживает почти 2 млн человек.

Полученные данные являются неоспоримым свидетельством необходимости совершенствования системы управления качеством воздуха на территории и активизации действий по минимизации негативного воздействия на население.

На всех территориях были определены опасные химические компоненты выбросов, которые вносили наибольшие вклады в неприемлемый риск и рассматривались как приоритеты для первоочередного квотирования. Примеры перечня опасных (приоритетных) примесей приведены в табл. 2.

В целом по городам прослеживается общая тенденция — диоксид азота и сумма пылей вошли в список приоритетов на всех территориях. Выражена также значимость сокращения выбросов металлов (соединений никеля, меди, хрома). Кроме указанных в таблице веществ на каждой территории выделено от 5 до 20 «индивидуальных» приоритетов — примесей, характерных для данной территории и отражающих специфику городских промышленных или иных объектов.

В исследованиях были определены приоритетные хозяйствующими объектами и/или объектами инфраструктуры, которые вносили основные вклады в неприемлемые уровни воздействия на население. Среди таких объектов: ПАО «Северсталь», «Вагоноремонтная компания» (г. Череповец); АО «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод», ТЭЦ-3 и ТЭЦ-2 (г. Красноярск); ПАО «РУСАЛ-Братск», Филиал АО «Группа «Илим», ТЭЦ-6 и ТЭЦ-7 (г. Братск); ООО «Челябинский завод по производству коксохимической продукции», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», ПАО «Фортум», ТЭЦ-1, ПАО «Челябинский трубопрокатный завод», (г. Челябинск); ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»» (г. Норильск); АО «ЕВРАЗ НТМК», АО «НПК «Уралвагонзавод», ОАО «Высокогорский ГОК», ПАО «Уралхимпласт» (г. Нижний Тагил) и другие.

Во всех городах транспорт определен как существенный источник рисков для здоровья населения. В городах восточной части страны, где энергетика ориентирована на твердое топливо и в жилой застройке высокая доля частного сектора (Красноярск, Братск, Чита), автомобильные источники теплоснабжения также рассматриваются как локальные приоритеты.

Обсуждение. На основании результатов оценки риска даны рекомендации по совершенствованию

Таблица 1. Диапазон уровней аэрогенного риска для здоровья в условиях длительного хронического загрязнения атмосферы (по расчетным данным на 2017 г.)

Город / City	Диапазон параметров аэрогенного для здоровья / Ranges of health risks from air pollutants				
	Пожизненный канцерогенный риск / Lifetime carcinogenic risk	Риск болезней органов дыхания, НІ / Risk of respiratory diseases, HI	Риск болезней нервной системы, НІ / Risk of diseases of the nervous system, HI	Риск болезней крови, НІ / Risk of diseases of the blood, HI	Риск нарушения развития потомства, НІ / Developmental disorders in the offspring, HI
Череповец / Cherepovets	$6,7 \times 10^{-6} \dots 3,4 \times 10^{-4}$	0,27–4,83	0,22–5,33	0,06–5,4	< 1,0
Липецк / Lipetsk	$1,0 \times 10^{-6} \dots 3,0 \times 10^{-4}$	< 1,0–8,4	< 1,0–5,4	< 1,0–8,2	< 1,0
Братск / Bratsk	$1,1 \times 10^{-6} \dots 2,0 \times 10^{-5}$	0,66–6,03	< 1,0	1,02–5,82	1,12–5,39
Норильск / Norilsk	$2,1 \times 10^{-7} \dots 1,9 \times 10^{-5}$	3,35–42,2	< 1,0	1,0–5,42	< 1,0
Красноярск / Krasnoyarsk	$1,9 \times 10^{-5} \dots 3,8 \times 10^{-4}$	< 1,0–58,7	< 1,0–6,15	< 1,0–58,4	< 1,0
Чита / Chita	$2,2 \times 10^{-6} \dots 5,7 \times 10^{-5}$	< 1–3,74	< 1,0	< 1,0	< 1,0–23,9

Таблица 2. Фрагмент перечней приоритетных химических веществ, вносящих до 95 % вклада в неприемлемые риски на территориях

Table 2. A fragment of the lists of priority airborne chemicals accounting for almost 95 % of unacceptable health risks in the study areas

Опасное вещество / Hazardous chemical	Братск / Bratsk	Норильск / Norilsk	Красноярск / Krasnoyarsk	Магнитогорск / Magnitogorsk	Медногорск / Mednogorsk	Новокузнецк / Novokuznetsk	Н. Тарул / Nizhny Tagil	Омск / Omsk	Челябинск / Chelyabinsk	Череповец / Cherepovets	Чита / Chita
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сумма пылей / Total suspended particles	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Никеля оксид / Nickel oxide		+					+		+	+	
Марганец и его соед. / Manganese and its compounds		+	+	+		+			+	+	
Хром (6+) / Chromium (6+)	+		+	+	+	+		+	+	+	+
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	+	+	+	+		+		+		+	+
Сера диоксид / Sulfur dioxide	+		+			+	+	+	+		+
Бензол / Benzene	+		+	+		+	+			+	+
Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	+	+	+	+		+		+		+	+
Азота оксид / Nitrogen oxide	+		+	+						+	+
Фториды газообр. / Gaseous fluorides	+	+								+	
Углерода оксид / Carbon oxide			+	+			+			+	+
Керосин / Kerosene			+						+	+	
Акролеин / Acrolein		+	+								
Формальдегид / Formaldehyde			+	+						+	+
Меди оксид / Copper oxide			+	+	+				+		
Сероводород / Hydrogen sulfide			+			+		+		+	+

программ социально-гигиенического мониторинга и определены векторы нормирования (квотирования) выбросов. Рекомендации заключались в корректировке программ наблюдений за качеством воздуха с обязательным включением в них примесей, которые были определены как приоритеты. Кроме этого, указывалось на целесообразность проведения натурных исследований в полном объеме: не менее 75 суточных или 300 разовых измерений в течение года для корректных оценок риска, в том числе при анализе эффективности и результативности воздухоохраных мероприятий.

В ходе исследований были выявлены проблемы, которые предполагают дальнейшее развитие и совершенствование всей системы оценки риска для задач управления в форматах новых механизмов.

Так, было сделано предположение о существенной недооценке рисков для здоровья на ряде территорий. Предположение было вызвано значительными расхождениями между результатами расчетов рассеивания и данными инструментальных измерений на постах Росгидромета и постах социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора. По таким веществам, как бенз(а)пирен, бензол, формальдегид, тяжелые металлы

(медь, хром, никель), расчетные величины нередко были существенно ниже фактически измеряемых. В целом ситуация подчеркивает важность повышения качества инвентаризации источников выбросов на территории, а также пересмотра и/или разработок методик определения состава и масс выбросов с учетом современных технологий и применяемых материалов.

Недооценка риска связана и с отсутствием полной и корректной информации о компонентном и дисперсном составе пылевой фракции выбросов. Результаты измерения мелкодисперсных пылей (PM₁₀, PM_{2,5}) свидетельствовали о значимом вкладе этих веществ в риск для здоровья населения (табл. 3).

Вместе с тем отсутствие данных о частицах размером менее 10 мкм в выбросах предприятий делает информацию о загрязнении не востребуемой в задачах управления. Последнее свидетельствует о необходимости принципиального изменения подходов к контролю и нормированию пылевых выбросов в целом и мелкодисперсных фракций в частности.

В ходе исследования была актуализирована проблема сопряженного анализа качества воздуха

Таблица 3. Результаты инструментальных измерений мелкодисперсных частиц PM_{2,5} в воздухе городов проекта «Чистый воздух» в 2021 г

Table 3. Results of instrumental measurements of ambient PM_{2.5} concentrations in some cities included in the Federal Clean Air Project in 2021

Город / City	Номер поста наблюдения / Monitoring site No.	Концентрация / Concentration		Доли RfC / % of RfC
		мг/м ³ / mg/m ³	Доли ПДКс.г. / % of average annual MPC	
Красноярск / Krasnoyarsk	210	0,100 ± 0,072	4,00 ± 2,88	6,67 ± 4,80
	209	0,100 ± 0,073	4,00 ± 3,00	6,67 ± 4,86
	140	0,096 ± 0,068	3,84 ± 2,72	6,40 ± 4,53
Норильск / Norilsk	203	0,010 ± 0,009	0,40 ± 0,36	0,67 ± 0,60
	156	0,034 ± 0,008	1,36 ± 0,32	2,07 ± 0,53

и величин установленного риска для здоровья с фактическими показателями заболеваемости населения и/или результатами специальных углубленных медико-биологических исследований. Данное положение объясняется несколькими причинами. Во-первых, на текущий момент оценка неканцерогенного риска по показателям индекса опасности не дает возможности получить количественные параметры популяционного риска, т. е. определить долю заболеваний, ассоциированных с факторами аэрогенного риска, в общей заболеваемости населения. Во-вторых, крайне востребованной является задача доказательного выделения зон и уровней ответственности конкретных хозяйствующих субъектов в риски для здоровья.

Инструменты и способы формирования доказательной базы ассоциированности заболеваний с качеством воздуха отрабатываются. Накапливаются данные о маркерах экспозиции и маркерах ответа, которые позволяют убедительно демонстрировать негативное воздействие конкретных загрязнителей и выполнять количественные оценки реального вреда здоровью [17–21]. В качестве примера в табл. 4 приведены результаты количественного определения ряда химических примесей в крови детей, постоянно проживающих в зоне влияния крупного промышленного узла с предприятиями горно-перерабатывающего и химического профилей.

В качестве энергетического сырья предприятия используют твердое топливо. Характерными, маркерными для промузла являются выбросы бен(а)пирена, марганца, алюминия. Именно данные примеси были зарегистрированы в биосредах экспонированных детей на уровнях, достоверно более высоких, чем в группе сравнения. Дети из группы сравнения постоянно проживали на территории вне зон влияния промышленных объектов. Прочие показатели (половозрастные, социально-экономические, климатические и др.) были сопоставимы в обеих группах.

Приведенные данные — только одно из звеньев системы установления вреда. Цепочка доказа-

тельств предполагает направленные исследования, включающие функциональные тесты, общие клинические, биохимические, иммунологические исследования, а также глубокую математическую обработку данных с выявлением достоверных связей уровней экспозиции с различными показателями состояния здоровья и/или их комплексом.

Анализ комплекса нарушений выполняется в сопряжении с результатами врачебных осмотров и историей заболеваний ребенка. Таким образом выстраивается вся система элементов доказательной базы, которая позволяет оценить вклад заболеваний, ассоциированных с загрязнением воздуха, в общую заболеваемость населения.

В ряде случаев использование эпидемиологических методов и углубленных медико-биологических исследований позволяет выявить факторы аэрогенного риска, которые не определяются как приоритеты на стадии расчетной оценки [21, 22].

Накопленный опыт и выявленные проблемы позволили предложить принципиальную схему (алгоритм) включения оценки риска и показателей вреда здоровью в систему управления качеством воздуха, которая приведена на рисунке.

Отдельными элементами алгоритма являются: сопряженный анализ расчетных и натуральных данных для повышения корректности и надежности оценки риска; верификация и уточнение результатов оценки риска, перечней приоритетных веществ и приоритетных объектов по итогам данных эпидемиологических и/или углубленных специальных медико-биологических исследований. Важной составляющей алгоритма является оценка остаточного риска после проведения природоохранных мероприятий, а также верификация результативности предпринятых мер данными о динамике изменения показателей состоянии здоровья населения, особенно в импактных зонах — зонах влияния объектов, на которых выполнялись мероприятия.

Несомненно, результаты, получаемые при сопряженном анализе риска и вреда здоровью,

Таблица 4. Содержание химических соединений в крови и моче детей из зоны экспозиции и вне зон влияния выбросов промпредприятий

Table 4. Chemicals in blood and urine of children exposed and unexposed to industrial emissions

Опасное вещество / Hazardous chemical	Группа наблюдения (n = 302) / Exposed cohort (n = 302)	Группа сравнения (n = 136) / Unexposed cohort (n = 136)	Частота регистрации отклонений от среднего уровня группы сравнения / Frequency of deviations from the average in the unexposed cohort			Межгрупповое различие по средним / Intergroup differences, p
	M ± m, мкг/см³ / M ± m, µg/cm³	M ± m, мкг/см³ / M ± m, µg/cm³	n (%) выше группы сравнения / above the average	n (%) на уровне группы сравнения / equal to the average	n (%) ниже группы сравнения / below the average	
Кровь / Blood						
Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	0,0081 ± 0,0014	0,0050 ± 0,0013	134 (48)	0	143 (52)	0,00
Марганец / Manganese	0,015 ± 0,001	0,013 ± 0,001	128 (42)	53 (18)	121 (40)	0,04
Никель / Nickel	0,0115 ± 0,0010	0,0092 ± 0,0011	133 (44)	33 (11)	136 (45)	0,00
Свинец / Lead	0,0127 ± 0,0007	0,0132 ± 0,0010	86 (29)	43 (14)	173 (57)	0,40
Фенол / Phenol	0,0146 ± 0,0038	0,0124 ± 0,0055	55 (38)	0	90 (62)	0,52
Этилбензол / Ethylbenzene	0,0006 ± 0,0004	0,0002 ± 0,0002	19 (7)	248 (93)	0	0,09
Ванадий / Vanadium	0,0006 ± 0,00004	0,0006 ± 0,00005	95 (32)	67 (22)	140 (46)	0,56
Хром / Chromium	0,0076 ± 0,0006	0,0062 ± 0,0004	134 (44)	27 (9)	141 (47)	0,00
Моча / Urine						
Алюминий / Aluminum	0,007 ± 0,0007	0,005 ± 0,0005	166 (56)	46 (15)	87 (29)	0,00

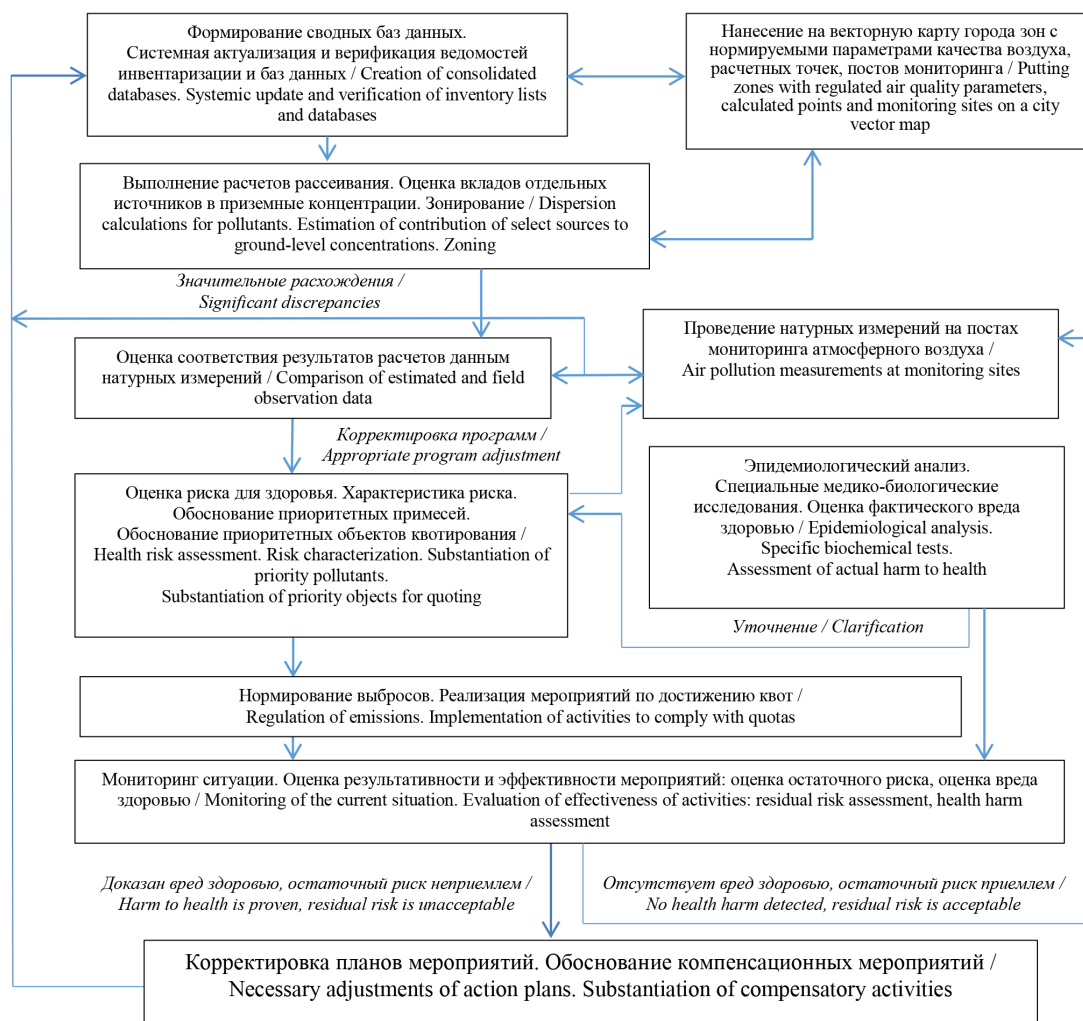


Рисунок. Принципиальная схема включения оценки риска и вреда здоровью в систему управления качеством воздуха
Figure. The fundamental algorithm for including the assessment of health risks and damages in the air quality management system

могут существенно повысить адекватность принимаемых решений на всех уровнях (объектовом, муниципальном, региональном). Такой анализ позволяет избежать ситуаций, когда завышение, переоценка рисков ведет к необоснованным затратам на воздухоохраные мероприятия, а недооценка риска — к отсутствию ожидаемых позитивных эффектов со стороны здоровья населения при реализации проекта.

Представляется важным и этап, который по итогам анализа результативности и эффективности мероприятий предполагает выводы и о целесообразности и обоснованности компенсационных мероприятий, в том числе медико-профилактического характера, которые могли бы обеспечивать защиту населения до момента достижения уровней приемлемого риска или отсутствия регистрации случаев причинения вреда здоровью.

Выводы

1. Новые подходы к нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух являют собой важный шаг в сторону учета показателей здоровья человека при ограничении негативного воздействия источников выбросов в воздух. Основная позитивная инновация — применение методологии оценки риска при выборе приоритетных веществ и обосновании priori-

тетных объектов для последующего квотирования выбросов.

2. Накопленный опыт свидетельствует о необходимости повышения требований к качеству инвентаризации источников выбросов. Представляется целесообразным совершенствование учета твердых компонент выбросов с выделением мелкодисперсных фракций PM₁₀, PM_{2,5} как наиболее опасной части пыли. Все это позволит сделать оценку риска более надежной и адекватной реальной ситуации.

3. Крайне существенным элементом системы управления качеством воздуха является сопряженный анализ результатов расчетов рассеивания и данных инструментальных измерений на территории с ориентацией программ мониторинга на приоритетные факторы и одновременно учет данных измерений при оценке корректности ведомостей инвентаризаций предприятий.

4. Обязательным элементом системы управления качеством воздуха представляется оценка остаточного риска после выполнения как отдельных природоохранных мероприятий, так и комплексных планов в целом.

5. Оценка исходного уровня риска и достижение приемлемого риска должны подкрепляться эпидемиологическими данными на территории и

результатами углубленных медико-биологических исследований, цель которых — формирование надежной доказательной базы отсутствия или сохранения вреда здоровью населения в условиях сокращения выбросов до целевого уровня, установленного экологическими нормами.

6. В целом применение в задачах управления качеством воздуха комплекса процедур оценки риска и вреда здоровью обеспечивает адекватность программ мониторинга реальной ситуации, повышает адресность и корректность принимаемых управляющих действий и гарантирует оптимальное достижение основной цели управления — сохранения здоровья населения, безопасности и комфортности среды обитания.

Список литературы

1. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett.* 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
2. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. № 2. С. 4–11.
3. Мамырбаев А.А., Сакебаева Л.Д., Сабырахметова В.М., Карашова Г.И., Шаяхметова К.Н., Умарова Г.А. Оценка риска неканцерогенных эффектов загрязнения атмосферного воздуха на селитебных территориях города Уральска // Медицинский журнал Западного Казахстана. 2016. № 1 (49). С. 82–88.
4. Кокоулина А.А., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю., Кожурников Д.Н. Гигиеническая оценка объектов добычи, подготовки и первичной переработки нефти с учетом показателей риска для здоровья // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 12. С. 34–38.
5. Kliucininkas L, Velykienė D. Environmental health damage factors assessment in brownfield redevelopment. *WIT Transactions on Biomedicine and Health.* 2009;14:179–186. doi: 10.2495/EHR090181
6. Бадмаева С.Э., Циммерман В.И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (101). С. 27–32.
7. Азаров В.Н., Сидякин П.А., Лопатина Т.Н., Николенько Д.А. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на социально-экологическое благополучие городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Социология города. 2014. № 1. С. 28–37.
8. Oganyan NG. Measurement uncertainty and corresponding risk of false decisions. *J Phys: Conf Ser.* 2019;1420:012003. doi: 10.1088/1742-6596/1420/1/012003
9. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
10. Крига А.С., Никитин С.В., Овчинникова Е.Л. и др. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории города Омска // Анализ риска здоровью. 2020. № 4. С. 31–45. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04
11. Клейн С.В., Попова Е.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Читы — приоритетной территории федерального проекта «Чистый воздух» // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 16–22. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22
12. Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. и др. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 48–60. doi: 10.35627/22195238/202033094860
13. Май И.В., Зайцева Н.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. Установление и доказательство вреда здоровью гражданина, наносимого негативным воздействием факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 11 (248). С. 4–6.
14. Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 4–15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
15. Valina SL, Shtina IE, Maklakova OA, Ustinova OYu, Einfeld DA. Regularities in diseases of the musculoskeletal system developing in schoolchildren under complex exposure to environmental factors and factors related to lifestyle. *Health Risk Analysis.* 2021;(3):54–66. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.05.eng
16. Штина И.Е., Валина С.Л., Луещкий К.П., Зенина М.Т., Устинова О.Ю. Внешнесредовая контаминация металлами как фактор риска развития аутоиммунного тиреоидита у детей в зонах влияния выбросов металлургических предприятий // Анализ риска здоровью. 2021. № 4. С. 58–64. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.06
17. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Ханхарева С.С., Болошинова А.А. Научно-методические аспекты и практический опыт формирования доказательной базы причинения вреда здоровью населения в зоне влияния отходов прошлой экономической деятельности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1038–1044. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1038-1044
18. Chetverkina KV. On determination of reference chloroform content in children's blood. *Health Risk Analysis.* 2018;(3):85–93. doi: 10.21668/health.risk/2018.3.09
19. Forbes LJJ, Patel MD, Rudnicka AR, et al. Chronic exposure to outdoor air pollution and markers of systemic inflammation. *Epidemiology.* 2009;20(2):245–253. doi: 10.1097/EDE.0b013e318190ea3f
20. Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(17):2054–2070. doi: 10.1016/j.jacc.2018.07.099
21. Долгих О.В., Отавина Е.А., Кривцов А.В. и др. Иммунологические маркеры нарушения здоровья детей, проживающих в условиях загрязнения атмосферного воздуха алюминием // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 2 (311). С. 15–18. doi: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-15-18
22. Землянова М.А., Зайцева Н.В., Кольдибекова Ю.В., Булатова Н.И. Выявление омик-маркеров негативных эффектов со стороны нервной системы у детей в условиях сочетанного воздействия аэрогенного химического фактора и условий образовательной среды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 5 (326). С. 12–17. doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-12-17

References

1. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett.* 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
2. Rakhmanin YA, Novikov SM, Avaliani SL, Sinitsyna OO, Shashina TA. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Health Risk Analysis.* 2015;(2):4–9. (In Russ.)
3. Mamyrbayev AA, Sakebaeva LD, Sabyrakhmetova VM, Karashova GI, Shayakhmetova KN, Umarova GA. Assessment of risk of non-carcinogenic effects due to the pollution of atmospheric air in residential areas of Uralsk city. *Meditsinskiy Zhurnal Zapadnogo Kazakhstana.* 2016;(1(49)):82–88. (In Russ.)
4. Kokoulina AA, Balashov SYu, Zagorodnov SYu, Koshurnikov DN. Hygienic evaluation of objects

- concerning extraction, preparation and primary processing of oil, considering health risk parameters. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016;(12):34–38. (In Russ.)
5. Kliucininkas L, Velykienė D. Environmental health damage factors assessment in brownfield redevelopment. *WIT Transactions on Biomedicine and Health*. 2009;14:179–186. doi: 10.2495/EHR090181
 6. Badmaeva SE, Tsimmerman VI. Anthropogenic pollution of the atmospheric air in the Krasnoyarsk territory cities. *Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2015;(2(101)):27–32 (In Russ.)
 7. Azarov VN, Sidyakin PA, Lopatina TN, Nikolenko DA. Technogenic pollution of the atmosphere air and its influence on social and ecological wellbeing of the resort towns of the Caucasian Spas. *Sotsiologiya Goroda*. 2014;(1):28–37. (In Russ.)
 8. Oganyan NG. Measurement uncertainty and corresponding risk of false decisions. *J Phys: Conf Ser*. 2019;1420:012003. doi: 10.1088/1742-6596/1420/1/012003
 9. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30–35. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
 10. Kriga AS, Nikitin SV, Ovchinnikova EL, et al. On implementation of "Clean Air" federal project in Omsk. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):32–46. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04
 11. Kleyn SV, Popova EV. Hygienic assessment of ambient air quality in Chita, a priority area of the Federal Clean Air Project. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(12(333)):16–22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22
 12. Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, et al. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the Federal Clean Air Project on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):48–60. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/202033094860
 13. May IV, Zaitseva NV, Klein SV, Sedusova EV. Establishment and proof of health damage due to the negative impact of environmental factors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2013;(11(248)):4–6. (In Russ.)
 14. Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):4–15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
 15. Valina SL, Shtina IE, Maklakova OA, Ustinova OYu, Einfeld DA. Regularities in diseases of the musculoskeletal system developing in schoolchildren under complex exposure to environmental factors and factors related to lifestyle. *Health Risk Analysis*. 2021;(3):54–66. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.05.eng
 16. Shtina IE, Valina SL, Luzhetskiy KP, Zenina MT, Ustinova OYu. Environmental contamination with metals as a risk factor causing developing autoimmune thyroiditis in children in zones influenced by emissions from metallurgic enterprises. *Health Risk Analysis*. 2021;(4):58–64. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2021.4.06
 17. Zaitseva NV, May IV, Klein SV, Khankharev SS, Boloshinova AA. Scientific and methodological aspects and practical experience for the formation of the evidential base of hazard to health in the population in the zone of influence of waste from the past economic activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(11):1038–1044. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1038-1044
 18. Chetverkina KV. On determination of reference chloroform content in children's blood. *Health Risk Analysis*. 2018;(3):85–93. doi: 10.21668/health.risk/2018.3.09
 19. Forbes LJL, Patel MD, Rudnicka AR, et al. Chronic exposure to outdoor air pollution and markers of systemic inflammation. *Epidemiology*. 2009;20(2):245–253. doi: 10.1097/EDE.0b013e318190ea3f
 20. Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(17):2054–2070. doi: 10.1016/j.jacc.2018.07.099
 21. Dolgikh OV, Otavina EA, Krivtsov AV, et al. Immunological markers of children health problems living in the conditions of atmospheric air pollution by aluminum. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(2(311)):15–18. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-15-18
 22. Zemlianova MA, Zaitseva NV, Koldibekova YuV, Bulatova NI. Detection of Omic markers of the nervous system adverse effects in children with a combined exposure to airborne chemicals and conditions of educational environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(5(326)):12–17. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-12-17





Современные тенденции санитарной микробиологии в реализации санитарно-эпидемиологического надзора за безопасностью водных объектов

Г.М. Трухина¹, М.А. Ярославцева², Н.А. Дмитриева¹

¹ ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, д. 2, г. Мытищи, Московская обл., 141014, Российская Федерация

² ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское ш., д. 19а, г. Москва, 117105, Российская Федерация

Резюме

Введение. Эпидемическая ситуация на территории Российской Федерации характеризуется ростом острых кишечных инфекций водного происхождения, регистрацией ОКИ неустановленной этиологии до 70 % на отдельных территориях. Имеются случаи возникновения заболеваний бактериальной, вирусной этиологии при использовании воды, соответствующей нормативным требованиям, что свидетельствует о необходимости совершенствования критериев микробиологического контроля безопасности водных объектов.

Цель исследования – научное обоснование целесообразности расширения перечня индикаторных микробиологических показателей и нормативов для объективной оценки безопасности различных водных объектов.

Материалы и методы. Обобщен материал результатов исследований по санитарно-микробиологической оценке качества и безопасности водных объектов (питьевая вода, водоемы, сточная вода) и обоснованы нормативы безопасности воды, предложенные научно-исследовательскими институтами и центрами гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора за период с 2010 по 2020 год. Проведен анализ безопасности питьевой воды и воды водоемов в местах водопользования населения по санитарно-микробиологическим показателям с применением сводных таблиц отчетной формы № 18 за период 2017–2021 гг.

Результаты исследования. Внедрение новых индикаторных показателей и нормативов по обобщенным колиформным бактериям, *Escherichia coli*, энтерококкам для контроля безопасности различных видов вод обеспечит надежность и гарантии отсутствия в воде патогенных и потенциально патогенных бактерий – возбудителей кишечных инфекций. Превышение нормативных требований в воде по показателю *Escherichia coli*, энтерококки является достоверным доказательством недавнего поступления фекального загрязнения и потенциальной эпидемиологической опасности водной среды. Введение показателя *Legionella pneumophila* для контроля безопасности горячей воды централизованного водоснабжения, воды плавательных бассейнов и аквапарков направлено на предупреждение возникновения заболеваний легионеллезом среди населения.

Обсуждение. Унификация терминологии индикаторных показателей для всех видов вод позволяет определить положение эпидемиологической значимости конкретного водного объекта в передаче возбудителей кишечных инфекций и прогнозировать развитие эпидемиологической ситуации.

Выводы. Соответствие обнаруживаемых индикаторных показателей воды установленным стандартным требованиям и нормативам определяет ее безопасность для здоровья населения, превышение индикаторных показателей свидетельствует о масштабе загрязнения водных объектов и риске развития заболеваний, что является основанием к оперативному принятию управленческих решений и разработке профилактических мероприятий по устранению влияния неблагоприятного фактора.

Ключевые слова: индикаторные показатели, нормативы, единицы измерения, питьевая вода, вода поверхностных водоемов, вода бассейнов и аквапарков.

Для цитирования: Трухина Г.М., Ярославцева М.А., Дмитриева Н.А. Современные тенденции санитарной микробиологии в реализации санитарно-эпидемиологического надзора за безопасностью водных объектов // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 16–24. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-16-24>

Сведения об авторах:

✉ **Трухина** Галина Михайловна – д.м.н., профессор, заведующая отделом микробиологических методов исследования окружающей среды ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: trukhina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-7447>.

Ярославцева Марина Анатольевна – заведующая лабораторией бактериологических и паразитологических исследований ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора; e-mail: yaroslavtsevama@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6719-4848>.

Дмитриева Наталья Андреевна – научный сотрудник отдела микробиологических методов исследования окружающей среды ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: dmitrievana@ferrisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1622-1652>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, сбор данных, обобщение результатов, интерпретация результатов, подготовка рукописи: Трухина Г.М.; сбор материала, анализ и интерпретация результатов: Ярославцева М.А.; обзор литературы, подготовка рукописи: Дмитриева Н.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по медицинской этике или иных документов.

Финансирование: статья подготовлена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы «Гигиеническое научное обоснование минимизации рисков здоровью населения России на период 2020–2016 гг.».

Конфликт интересов: соавтор статьи Трухина Г.М. является заместителем главного редактора научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность: авторы выражают благодарность специалистам научных учреждений, практических организаций Роспотребнадзора за обоснованные предложения и участие в подготовке рассматриваемых в статье микробиологических показателей, нормативов оценки безопасности водных объектов.

Статья получена: 26.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Current Trends in Sanitary Microbiology within Implementation of Sanitary and Epidemiological Surveillance of Safety of Water Bodies

Galina M. Trukhina,¹ Marina A. Iaroslavtseva,² Natalia A. Dmitrieva¹

¹ F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, 2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

² Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Avenue, Moscow, 117105, Russian Federation

Summary

Introduction: The epidemic situation in the territory of the Russian Federation is noted for an increase in waterborne diseases and registration of up to 70 % of cases of acute intestinal infections of unknown etiology on certain territories. Numerous cases of gastrointestinal diseases of bacterial and viral etiology associated with the use of water that complies with regulatory requirements validate the importance of improving criteria for pathogen control in water bodies.

Objective: To substantiate the expediency to expand the list of key microbiological indicators and standards for an objective assessment of safety of various water bodies.

Material and methods: We summarized the results of microbiological testing of water quality and safety in water bodies (potable water, reservoirs, waste water) and substantiated water safety standards proposed by research institutes and centers for hygiene and epidemiology of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for 2010–2020. Sanitary and microbiological indicators of potable water and water bodies in places of water use of the population were analyzed based on data of Annual Report Form No. 18 for 2017–2021.

Results: Introduction of new indicators and standards for all coliform bacteria, *Escherichia coli*, and enterococci to control water safety will ensure the absence of waterborne pathogenic and potentially pathogenic bacteria causing gastrointestinal infections. Noncompliance with regulatory requirements for *Escherichia coli* and enterococci is a strong evidence of recent fecal pollution and the potential epidemic danger of the aquatic environment. Introduction of the *Legionella pneumophila* indicator to control safety of hot water of centralized water supply, swimming pools and water parks is aimed at preventing *Legionella* infections in the population.

Discussion: Harmonization of key indicators for all types of water enables determination of the epidemiological significance of a particular water body in transmission of pathogens of intestinal infectious diseases and prediction of the epidemic situation.

Conclusions: The adequacy of the detected key indicators of water safety determines health outcomes. Their excess indicates the extent of contamination and related risks for population health and necessitates prompt managerial decisions and appropriate preventive measures to eliminate adverse health effects of microbiological agents.

Keywords: indicators, standards, units of measurement, potable water, water of surface water bodies, water of pools and water parks.

For citation: Trukhina GM, Iaroslavtseva MA, Dmitrieva NA. Current trends in sanitary microbiology within implementation of sanitary and epidemiological surveillance of safety of water bodies. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):16–24. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-16-24>

Author information:

✉ Galina M. Trukhina, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Microbiological Methods of Environmental Research, F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene; e-mail: trukhina@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-7447>.

Marina A. Iaroslavtseva, Head of the Laboratory of Bacteriological and Parasitological Testing, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; e-mail: yaroslavtsevama@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6719-4848>.

Natalia A. Dmitrieva, Researcher, Department of Microbiological Methods of Environmental Research, F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene; e-mail: dmitrievana@fherisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1622-1652>.

Author contributions: study conception and design: Trukhina G.M.; data collection, analysis and interpretation of results: Trukhina G.M., Iaroslavtseva M.A.; literature review: Dmitrieva N.A.; draft manuscript preparation: Trukhina G.M., Dmitrieva N.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The article was prepared as part of the Research Program "Hygienic Rationale for Minimizing Health Risks for the Russian Population in 2020–2016".

Conflict of interest: The coauthor of the article Galina M. Trukhina is the Deputy Editor-in-Chief of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgements: The authors express gratitude to specialists of research institutions and practical organizations of Rospotrebnadzor for reasonable proposals and participation in the preparation of microbiological indicators considered in the article and standards for assessing safety of water bodies.

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Характер и масштабы современного антропогенного воздействия на природную среду вызывают озабоченность в связи с серьезными последствиями для здоровья населения России и санитарно-эпидемиологического благополучия объектов среды обитания¹ [1, 2].

«Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года»², анализируя вызовы и угрозы, отмечает высокую степень загрязнения и низкое качество воды значительной части водных объектов, деградацию экосистем малых рек, техногенное загрязнение подземных вод в районах размещения крупных промышленных предприятий³.

Воздействие поллютантов (нефтеуглеводородов, фенолов, тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ и др.) приводит к изменению соотношения микробных сообществ в биоценозе

водной среды. Бактерии, способные усваивать широкий спектр разнообразных субстратов, сохраняют жизнедеятельность и способны к активному размножению в воде (род *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Bacteroidetes*)^{4,5} [3–9]. С возрастанием интенсивности антропогенной нагрузки на водоток увеличивается доля резистентных бактерий в составе микробного сообщества [10–12].

Воздействие неблагоприятных стрессовых факторов для других видов бактерий приводит не только к фенотипической изменчивости клеток микроорганизмов, но и генетическим повреждениям, формированию некультивируемых форм бактерий, являющихся адаптивной реакцией выживания патогенных микроорганизмов. По данным исследователей, изменение абиотических факторов среды обеспечивало повышение вирулентных свойств у микроорганизмов^{6,7} [13, 14].

¹ Потапов А.И., Винокур И.Л., Гиндельскильд Р.С. Здоровье населения и проблемы гигиенической безопасности. М.: Инфра-М, 2006. 304 с.

² Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

³ Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

⁴ Цыбань А.В., Панов Г.В., Барина С.П., Мошарова И.В., Кнаб В.А. Экологические свойства и динамика гетеротрофных микроорганизмов. М: Наука, 2000. 375 с.

⁵ Недашковская О.И. Морские аэробные гетеротрофные бактерии типа *Bacteroidetes*: дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 2007. 240 с.

⁶ Сомов Г.П. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды / Г.П. Сомов, Л.С. Бузолева, Г.П. Сомов, Л.С. Бузолева; Рос. акад. мед. наук. Сиб. отд-ние, НИИ эпидемиологии и микробиологии. Владивосток: Примполиграфкомб., 2004. 167 с.

⁷ Бухарин О.В., Гинцбург А.Л., Романова Ю.М., Эль-Регистан Г.И. Механизмы выживания бактерий. М.: Медицина, 2005. 366 с.

В основе изменения фактора патогенности лежат закономерности функционирования генов патогенности, мутации, а также перенос генов между микроорганизмами одного или разных видов. Учитывая, что гены, ответственные за патогенные свойства, часто локализируются в плазидах, можно предположить, что они могут мигрировать в клетки сапрофитных бактерий⁸ [15].

Вместе с тем в литературе появляются данные о превышении нормативов по санитарно-показательным микроорганизмам и формирующемся загрязнении водоемов, приводящие к росту заболеваемости [16–18].

Регистрируемая заболеваемость острыми кишечными инфекциями (ОКИ) на территории Российской Федерации после резкого снижения в 2020 г. (289,16 случая на 100 тыс. населения) в 2021 г. показала тенденцию к росту ОКИ, составив 343,85 случая на 100 тыс. населения, не превышая средний многолетний показатель (555,42). Наблюдается рост ОКИ, вирусной этиологии, уровень норовирусной инфекции в 2021 г. превысил среднемноголетний уровень в 1,8 раза⁹ [19–22].

В последнее десятилетие в Российской Федерации отмечается увеличение заболеваемости, обусловленной потенциально патогенными микроорганизмами, на 20 %, в отдельных регионах — до 45 %. При этом в группу риска входят дети в возрасте от 1 до 6 лет¹⁰ [23–24]. Подобная ситуация сложилась по ряду причин: с одной стороны, это связано с нарушением микробиоты кишечника человека, о чем свидетельствуют результаты исследования 43 % городского населения, проведенные нами, которые выявили нарушения инфраструктурных отношений микробиоты с преимущественным дефицитом лактобактерий и увеличением условно-патогенной микрофлоры у 65 % детей и взрослых (субкомпенсированная степень); декомпенсированная степень нарушения аутофлоры кишечника определена у 23 % детей [25]. С другой стороны, наблюдается снижение иммунитета у населения, преимущественно в промышленных городах, что приводит к повышению риска и частоты развития заболеваний, обусловленных потенциально патогенными микроорганизмами.

Вызывает тревогу нарастание уровня ОКИ неустановленной этиологии, которое на отдельных территориях достигает 70 %. Исследователи отмечают увеличение ОКИ в летне-осенний период, связанный с отдыхом населения у воды [26]. Все это свидетельствует о необходимости совершенствования критериев микробиологической оценки водных объектов, повышения качества контроля безопасности с позиций пересмотра индикаторных показателей и методов их обнаружения [27, 28].

Целью работы являлось научное обоснование целесообразности расширения перечня индикаторных микробиологических показателей и определения нормативов для объективной оценки безопасности различных водных объектов.

Материалы и методы. Обобщен материал результатов лабораторных исследований по санитарно-микробиологическим показателям безопасности водных объектов за период 2010–2020 гг., обоснованы нормативы безопасности питьевой воды, поверхностных водоемов, сточной воды, технической воды по микробиологическим показателям, предложенные научно-исследовательскими институтами и центрами гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, выполненные фильтрационным и титрационным методами исследования.

Для выполнения поставленной цели была создана инициативная рабочая группа из специалистов научно-исследовательских институтов и практического звена Роспотребнадзора, имеющих большой опыт работы и располагающих фактическим материалом экспериментальных и натурных исследований по оценке качества и безопасности питьевой воды, воды поверхностных водоемов, сточной воды. Анализ питьевой воды и воды водоемов в местах водопользования населения по санитарно-микробиологическим показателям проведен за период 2017–2021 гг. с использованием материалов отчетной формы № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации»¹¹.

Результаты. Анализ состояния воды водоемов I и II категории свидетельствует о значительном их загрязнении. Несмотря на тенденцию снижения уровня загрязнения воды водоемов I категории в 2021 г. на 2,87 % по сравнению

Таблица 1. Многолетняя динамика состояния водных объектов в местах водопользования населения

Table 1. Long-term dynamics of the state of water bodies in places of water use of the population

Водоемы / Годы / Reservoirs / Years	Процент проб воды, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям ¹² % / Percentage of water samples noncompliant with sanitary and microbiological standards				
	2017	2018	2019	2020	2021
Водоемы I категории / Reservoirs of category I	17,93	15,04	17,39	16,05	15,06
Водоемы II категории / Reservoirs of category II	21,9	20,23	20,35	20,17	19,92
Морская вода / Sea water	8,11	6,11	5,89	6,13	5,2

⁸ Мойсеенко Н.Н. Совершенствование санитарно-микробиологического контроля прибрежной морской воды в условиях антропогенного загрязнения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 1990. С. 28.

⁹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

¹⁰ Хотько Н.И., Дмитриев А.П. Водный фактор в передаче инфекции. «Экология и здоровье населения» Российской академии естествознания. Пенза, 2002. 232 с.

¹¹ Приказ Росстата от 24.12.2019 № 800 «Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации».

¹² СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». 3-е изд. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 95 с.

с 2017 г., уровень нестандартных проб остается высоким. В воде водоемов II категории уровень антропогенного загрязнения на протяжении 5 лет остается практически одинаковым, и процент проб несоответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям в среднем составил 20,5 % (табл. 1). Структурный анализ индикаторных показателей, определяющих загрязнение воды водоемов I и II категории, характеризуется значительной долей выявления общих колиформных бактерий (до 89 %) и тенденцией к увеличению в 2021 г. термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), доля которых составляет 59,38 и 54,24 % соответственно; повышенной выявляемостью колифагов (7,7 и 6,51 % соответственно); определением патогенной микрофлоры в воде (0,54 и 1,56 % соответственно), что свидетельствует о загрязнении водоемов хозяйственно-бытовыми стоками. Морская вода остается более чистой. В структуре выделенных индикаторных микроорганизмов на долю ТКБ в 2021 г. приходилось 35,89 %, колифагов – 2,07 %, патогенных бактерий – 0,09 % (табл. 1).

Обобщение результатов микробиологического исследования воды источников питьевого централизованного водоснабжения в динамике наблюдения за 5 лет позволяет в целом говорить о снижении доли проб воды поверхностных источников, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям, в 2021 г. на 1,93 % по сравнению с 2017 г. и доли проб воды из подземных источников на 0,19 % (табл. 2). Однако источники питьевого централизованного водоснабжения из поверхностных водоемов продолжают оставаться под воздействием загрязняющих веществ, что осложняет процесс водоподготовки и представляет потенциальный риск для потребителей.

Питьевая вода распределительной сети может создавать риск возникновения заболеваний

среди населения что подтверждается ежегодной регистрацией (свыше 2,5 %) проб, не соответствующих микробиологическим требованиям. Доля общих колиформных бактерий в структуре исследований безопасности питьевой воды распределительной системы за 2021 год составила 98,15 %, колифагов – 0,28 %. Питьевая вода нецентрализованного водоснабжения по-прежнему остается в зоне неблагоприятного влияния поверхностных сточных вод, при этом регистрируется значительный процент проб, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям, поэтому разработанные профилактические мероприятия являются недостаточно эффективными. Доля общих колиформных бактерий в структуре исследований безопасности питьевой воды нецентрализованного водоснабжения за 2021 г. составила 97,24 %, колифагов – 2,74 % и *Pseudomonas aeruginosa* – 0,01 % (табл. 3).

Необходимость пересмотра действовавших санитарных норм и правил диктовалась тем, что в последние годы сложилась ситуация на территории Российской Федерации, которая характеризуется увеличением роста острых кишечных инфекций водного происхождения, повышением процента ОКИ неустановленной этиологии, при этом качество питьевой воды по микробиологическим показателям имеет тенденцию к незначительному снижению, процент проб воды водоемов определяется практически на одном высоком уровне загрязнения, регистрируются нестандартные пробы в распределительных системах. Кроме того, получены новые научные данные, свидетельствующие о том, что микробиологические критерии и нормативы не обеспечивают в полной мере безопасность воды для здоровья населения. Имеют место случаи возникновения заболеваний бактериальной, вирусной этиологии при использовании воды, соответствующей нормативным требованиям [29, 30].

Таблица 2. Доля проб воды источников водоснабжения, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям

Table 2. The proportion of water samples taken from water supply sources noncompliant with sanitary and microbiological requirements

Водные объекты / годы / Water bodies / years	Процент проб воды, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям ¹³ (%) / Percentage of water samples noncompliant with sanitary and microbiological requirements				
	2017	2018	2019	2020	2021
Источники водоснабжения из поверхностных водоемов / Sources of water supply from surface water bodies	15,68	12,87	15,44	13,42	13,75
Водоснабжение из подземных источников / Water supply from underground sources	2,73	2,57	2,73	2,61	2,54

Таблица 3. Доля проб питьевой воды, не соответствующих по санитарно-микробиологическим показателям

Table 3. The proportion of potable water samples noncompliant with sanitary and microbiological requirements

Водные объекты / годы / Water bodies/years	Процент проб воды, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям ¹³ (%) / Percentage of water samples noncompliant with sanitary and microbiological requirements				
	2017	2018	2019	2020	2021
Распределительная сеть централизованного водоснабжения / Distribution network of centralized water supply	2,96	2,77	2,68	2,61	2,42
Нецентрализованное водоснабжение / Non-centralized water supply	18	17,78	17,4	17,59	15,63

¹³ СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». 3-е изд. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 95 с.

В этой связи рабочей группой был предложен расширенный спектр индикаторных микроорганизмов для контроля за безопасностью питьевой воды и воды водоемов в местах водопользования населения и в зонах рекреации с учетом международных данных (ВОЗ) и оценки риска для здоровья населения, который был одобрен и введен в СанПиН 2.1.3685–21^{14,15}.

Следует отметить, что при обсуждении санитарно-показательных микроорганизмов в первую очередь учитывалось наличие основных индикаторных свойств у микроорганизма, предлагаемого в качестве показателя для контроля безопасности воды. Принципы индикаторности бактерий впервые сформулированы и изложены в 1969 г.¹⁶ и дополнены научно обоснованными положениями о том, что для индикаторного микроорганизма решающее значение при совместном культивировании строгих аэробов и факультативно-анаэробных бактерий имеют активная подвижность, дыхательная функция и соотношение концентрации конкурирующих ассоциантов; при одномоментном культивировании двух строгих аэробов с исключением пространственного разделения выживает микроорганизм с преобладанием антагонистического потенциала. Вместе с тем принималась во внимание компетентность специалистов аккредитованной лаборатории, где проводились исследования; объективность предлагаемого перечня индикаторных микробиологических показателей, подтверждаемых многолетними исследованиями качества воды из разных участков объекта и доказанных разными современными методами выделения, в том числе методом экспрессной диагностики; адекватность нормативов, подтверждаемых потенциальным или реальным риском эпидемической опасности среды обитания для населения и способных прогнозировать эпидемическую обстановку в любом регионе.

Для оценки безопасности водных объектов в практику работы лабораторий с 1 января 2022 г. введены новые индикаторные микроорганизмы и нормативы согласно СанПиН 2.1.3685–21, раздел III «Нормативные требования безопасности воды». В качестве основных включены следующие микробиологические показатели: общее микробное число, обобщенные колиформные бактерии, *Escherichia coli*, энтерококки, колифаги, споры сульфитредуцирующих клостридий; в качестве дополнительных: *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, *Candida albicans*.

Показатель «определение патогенных бактерий кишечной группы и (или) энтеровирусов» по СанПиН 2.1.4.1074–01¹⁷ разделен на показатели: возбудители кишечных инфекций бактериальной природы, определяемый в 1 дм³ воды, и возбудители кишечных инфекций вирусной природы,

определяемый в питьевой воде, воде водоемов, бассейнов и аквапарков в 10 дм³. Подобный подход продиктован тем, что в последние годы исследователи отмечают возникновение кишечных инфекций, ассоциированных с потенциально патогенными бактериями и этиологически обусловленных широким спектром вирусов.

Объем паразитологических исследований увеличен с введением показателей — цисты и ооцисты патогенных простейших, яйца и личинки гельминтов для водных объектов (кроме горячей воды).

В данной статье целесообразно остановиться на обосновании применения отдельных индикаторных показателей.

Введен показатель «Обобщенные колиформные бактерии» вместо общих колиформных бактерий с сохранением аббревиатуры ОКБ и прежними единицами измерений. Термин не имеет аналогов в международной практике при оценке безопасности водных объектов. На протяжении 24 лет для санитарно-эпидемиологического контроля питьевой воды в России использовался показатель «Общие колиформные бактерии (ОКБ)», который был введен в санитарную практику нашей страны с целью гармонизации с международными стандартами и таким показателем, как Total coliforms¹⁸ [31]. Методы идентификации показателя были заложены в европейских странах, при этом учитывались только лактозопозитивные энтеробактерии фекального происхождения, входящие в семейство *Enterobacteriaceae*. Эпидемиологическая значимость лактозопозитивных бактерий родов *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, наиболее часто выделявшихся из объектов внешней среды, была этиологически сопряжена с регистрируемыми на тот период кишечными инфекциями. В последние годы в связи с нарастанием антропогенной нагрузки на водоемы, потеплением микроклимата, изменением пищевого поведения людей, ввозом импортных пищевых продуктов из различных, в том числе экзотических, стран мира и бесконтрольным применением антибиотиков широкого спектра действия начали утрачиваться некоторые фенотипические свойства бактерий. По нашим наблюдениям, в посевах из водной среды, сточной воды и от больных стали определяться кишечные палочки с потерей лактозного признака и металлического блеска, меняются морфологические признаки клебсиелл (истончение мукоидного слоя). В этой ситуации подтверждением родовой принадлежности таких атипичных колоний могло быть введение такого общего признака характерного для семейства *Enterobacteriaceae*, как ферментация D-глюкозы до кислоты и образования газа [32, 33]. Введение дополнительного теста для подтверждения фекального загрязнения воды позволяет одновременно не пропустить в посевах лактозотрицательные

¹⁴ СанПиН 2.1.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2.

¹⁵ ВОЗ. Руководство по обеспечению качества питьевой воды. Женева; 2004.

¹⁶ McLellan SL, Daniels AD, Salmore AK. Clonal populations of thermotolerant *Enterobacteriaceae* in recreational water and their potential interference with fecal *Escherichia coli* counts. *Appl Environ Microbiol.* 2001;67(10):4934–4938. doi: 10.1128/AEM.67.10.4934–4938.2001

¹⁷ СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». 3-е изд. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 95 с.

¹⁸ Трухина Г.М. Санитарная микробиология. В кн.: Лабинская А.С., Блинкова Л.П., Ещина А.С., ред. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований. Серия «Учебники для вузов. Специальная литература». СПб., 2019. С. 418–95.

патогенные бактерии (*Salmonella*, *Shigella*) и условно-патогенные бактерии других родов. В этих условиях термин «общие колиформные бактерии» был не правомерен и заменен на показатель «Обобщенные колиформные бактерии». Определение по двум биохимическим признакам даст возможность выявления как лактозоположительных, так и лактозоотрицательных бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, гарантируя отсутствие в воде патогенных бактерий. Введение показателя «Обобщенные колиформные бактерии» не представляет методической сложности для бактериологов и потребует минимальных экономических затрат. Ответ результатов анализа может быть получен через 24–48 часов. Показатель «Обобщенные колиформные бактерии» принят для всех видов вод.

Показатель *Escherichia coli* (*E. coli*) для санитарно-микробиологического контроля качества питьевой воды и воды водоемов принят взамен показателя «Термотолерантные колиформные бактерии» как более адекватный индикатор недавнего поступления фекального загрязнения, свидетельствующий о потенциальной эпидемической опасности воды и требующий немедленного принятия мер по их устранению. Наличие *E. coli* в питьевой воде свидетельствует о ее недавнем загрязнении фекальными стоками. Показатель *E. coli* является частным случаем колиформ и введен для гармонизации с международными требованиями качества воды ЕС, ВОЗ, национальными стандартами практически всех стран мира. Показатель *E. coli* обеспечивает наилучшие признаки определения свежего фекального загрязнения в питьевой воде и воде водоемов, что не могут обеспечить термотолерантные колиформные бактерии, поскольку кишечные палочки способны расти как при 37 °C, так и при 44 °C и преобладают в фекалиях человека и животных по сравнению с другими представителями термотолерантных колиформ, а также они способны образовывать в водопроводной системе биопленки [34]. Для идентификации *E. coli* доступны быстрые, чувствительные, простые и специфические методы. При анализе проб питьевой воды, не соответствующих требованиям по термотолерантным колиформным бактериям, в 95 % и более проб обнаруживали *E. coli*, то есть показатель *E. coli* более надежно определял поступление свежего фекального загрязнения воды и обеспечивал оперативность в принятии мер по устранению неблагоприятной ситуации. Показатель *E. coli* предложен для всех видов вод. Единицы измерения — КОЕ/100 см³. Нормативы остались без изменения для питьевой воды и воды водоемов. Снижены нормативы для технической воды открытых систем оборотного водоснабжения для ручных и автоматических моек автомобильного транспорта и открытых систем технического водоснабжения для полива улиц и зеленых насаждений с нормативом 100 КОЕ/100 см³, что позволит снизить риск возникновения заболеваний среди персонала и населения.

Показатель энтерококки введен для санитарно-эпидемиологического контроля безопасности водных объектов, гармонизации с международными требованиями (ЕС и ИСО), отвечает требованиям, предъявляемым к индикаторным показателям, энтерококки являются постоянными обитателями кишечника человека и животных, в большом количестве выделяются во внешнюю среду. Обнаружение их в почве, воде поверхностных и подземных источников свидетельствует о фекальном загрязнении этих объектов. Энтерококки дополняют оценку качества питьевой воды, т. к. являются более устойчивыми к воздействию факторов окружающей среды и некоторым дезинфектантам при водоподготовке. Нормативы для питьевой воды централизованного и нецентрализованного водоснабжения, воды плавательных бассейнов определены на уровне отсутствия КОЕ в 100 см³, для воды источников поверхностных водоемов и сточной воды в местах выпуска в водоемы не более 100 КОЕ/100 см³, в зонах рекреации не более 10 КОЕ/100 см³. Основанием для введения данных нормативов явились обобщенные материалы многолетних натурных исследований научно-исследовательских организаций, которые изложены в статьях. Метод выделения энтерококков из воды валидирован и описан МУ 2.1.4.1184–03¹⁹, МУК 4.2.2959–11²⁰, МУК 4.2.2217–07²¹.

Показатель *Legionella pneumophila* введен впервые для контроля воды горячего централизованного водоснабжения, плавательных бассейнов и аквапарков. Норматив — не более 100 КОЕ/дм³ в горячей воде. Введен как показатель контроля безопасности систем горячего водоснабжения и определяется по эпидемическим показаниям и при проведении мониторинговых исследований не реже 2 раз в год. При наличии эпидемических показаний и/или превышении нормативов анализ проводится ежемесячно до достижения установленных норм и устранения причины в соответствии с МУК 4.2.2217–07²¹. При обнаружении легионелл в системе горячего водоснабжения дополнительно проводятся санитарно-паразитологические исследования воды на наличие цист акантамеб для оценки качества водоподготовки. С целью контроля безопасности воды бассейнов и аквапарков определение *Legionella pneumophila* проводится в воде с «барботированием» типа «Джакузи», в том числе при использовании горячей воды естественных источников, при температуре воды в бассейне более 28 °C. Нормативным значением является отсутствие колониеобразующих единиц в 1 литре воды.

Обсуждение. Результаты анализа микробиологических исследований воды источников питьевого централизованного водоснабжения, питьевой воды распределительной сети и нецентрализованного водоснабжения в динамике наблюдения за 5 лет свидетельствуют о снижении доли проб воды, не соответствующих санитарно-микробиологическим требованиям к 2021 г. Однако водоемы I

¹⁹ МУ 2.1.4.1184–03 «Методические указания по внедрению и применению санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества»» (с Изменением № 1). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 63 с.

²⁰ МУК 4.2.2959–11 «Методы санитарно-микробиологического, санитарно-паразитологического контроля прибрежных вод морей в местах водопользования населения». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 114 с.

²¹ МУК 4.2.2217–07 «Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. 27 с.

и II категории и источники нецентрализованного водоснабжения продолжают оставаться под воздействием загрязняющих веществ сточных вод и поверхностного стока, что характеризуется высоким процентом проб, не соответствующих микробиологическим требованиям, к 2021 г. (15,06–19,92 %).

В структуре общих колиформных бактерий определяется *E. coli* в пределах 70–95 %. Поэтому состояние питьевого водоснабжения до настоящего времени представляет риск для здоровья населения, увеличивается рост острых кишечных инфекций водного происхождения. В этой связи дополнительное введение в качестве основных индикаторных показателей и нормативов (обобщенные колиформные бактерии, *Escherichia coli* и *энтерококки*), гармонизированных с международными требованиями, обеспечат надежность контроля и оценки безопасности питьевой воды, объективное понимание о массивности загрязнения воды источников водоснабжения и водоемов, степени опасности объекта для здоровья населения. *Escherichia coli* и *энтерококки* являются хорошим предиктором патогенных заболеваний в зоне рекреации, имеющих точечные источники загрязнения человеческими фекалиями. Обнаружение в пределах норматива *Pseudomonas aeruginosa* в питьевой воде и воде плавательных бассейнов, аквапарков, *Legionella pneumophila* в горячей воде и барботированной воде бассейнов позволит предотвратить риск развития ОКИ и оппортунистических заболеваний.

Унификация терминологии индикаторных показателей для всех видов вод обеспечит возможность логически выстраивать эпидемиологическую цепь о значимости конкретного водного объекта в передаче возбудителей кишечных инфекций и прогнозировать развитие эпидемической ситуации.

Вместе с тем нельзя не учитывать особенности формирования микробиоценозов в различных климатических зонах при нарастающей антропогенной нагрузке на среду обитания, загрязнении водных объектов новыми продуктами — отходами промышленных предприятий в субъектах Российской Федерации, что может явиться основанием для введения нового дополнительного индикаторного показателя оценки качества водных объектов на данной территории в соответствии со специальной производственной программой, согласованной с территориальными органами местного самоуправления.

Адекватность обнаруживаемых индикаторных микроорганизмов безопасности воды является инструментом к определению вероятности и масштаба неблагоприятных последствий для здоровья населения и принятия управленческих решений по разработке оперативных, краткосрочных и долгосрочных профилактических мероприятий с целью снижения риска развития кишечных и оппортунистических заболеваний, обусловленных водным фактором, среди населения страны.

Выводы

1. Внедрение новых индикаторных показателей: обобщенные колиформные бактерии, *Escherichia coli*, *энтерококки* и нормативов для санитарно-эпидемиологического контроля за безопасностью питьевой воды, воды водоемов, сточной воды обеспечит надежность и гарантии отсутствия в воде патогенных и потенциально патогенных бактерий — возбудителей кишечных инфекций.

2. Превышение нормативных требований в воде по *Escherichia coli*, *энтерококкам* свидетельствует о ее потенциальной эпидемической опасности и достоверном доказательстве недавнего поступления фекального загрязнения.

3. Введение показателя *Legionella pneumophila* для контроля безопасности горячей воды централизованного водоснабжения, воды плавательных бассейнов и аквапарков предотвратит возникновение легионеллеза среди населения.

Список литературы

1. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 5–9.
2. Чубирко М.И., Пичужкина Н.М., Механтьев И.И., Масайлова Л.А. Оценка эффективности мероприятий по снижению воздействия факторов риска на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2010. № 3. С. 7–8.
3. Верхотурцева А.С., Князева Т.Г., Синявский И.В., Верхотурцева Е.С. Влияние мегаполиса на загрязнение поверхностных водоемов тяжелыми металлами (на примере реки Миасс Челябинской области) // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2016. № 26. С. 8–17.
4. Конева М.Н., Ступникова Н.А. Нефтеокисляющие микроорганизмы как индикаторы нефтяного загрязнения водотоков г. Петропавловска-Камчатского // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7-2 (109). С. 23–27. doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.037
5. Ильинский В.В., Поршнева О.В., Комарова Т.И., Коронелли Т.В. Угледородокисляющие бактериоценозы незагрязненных пресных вод и их изменения под влиянием нефтяных углеводородов (на примере юго-восточной части Можайского водохранилища) // Микробиология. 1998. Т. 67. № 2. С. 267–273.
6. Гоголева О.А., Немцева Н.В. Угледородокисляющие микроорганизмы природных экосистем // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2012. № 2. С. 1.
7. Трухина Г.М. Оценка микробиологического риска среды обитания для здоровья населения в системе социально-гигиенического мониторинга // Здоровоохранение Российской Федерации. 2008. № 1. С. 43.
8. Иванов Д.В., Егоров А.М. Распространение и механизмы резистентности микроорганизмов штаммов бактерий *Pseudomonas* // Фарматека. 2007. № 8/9. С. 159–168.
9. Калашников Ю.С. Гигиенические аспекты водопользования населения бассейна верхнего Дона // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 7 (304). С. 31–34. doi: 10.35627/2219-5238/2018-304-7-31-34
10. Безвербная И.П., Бузолева Л.С., Христофорова Н.К. Металлоустойчивые гетеротрофные бактерии в прибрежных акваториях приморья // Биология моря. 2005. Т. 31. № 2. С. 89–93.
11. Alonso A, Sánchez P, Martínez JL. Environmental selection of antibiotic resistance genes. *Environ Microbiol.* 2001;3(1):1-9. doi: 10.1046/j.1462-2920.2001.00161.x
12. Журавлев П.В., Панасовцев О.П., Алешня В.В., Казачок И.П., Черногорова Т.Н., Деревякина Е.И. Антибиотикорезистентность бактерий, выделенных из воды открытых водоемов // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 5(266). С. 24–26.
13. Бузолева Л.С., Ким А.В., Компанец Г.Г., Богатыренко Е.А. Проявление патогенных свойств у морских бактерий под влиянием антропогенного загрязнения // Экология человека. 2016. № 3. С. 30–36.
14. Журавлев П.В., Алешня В.В., Панасовцев О.П. Ферменты патогенности у бактерий, выделенных из воды открытых водоемов // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 1. С. 11–14.
15. Tran JH, Jacoby GA. Mechanism of plasmid-mediated quinolone resistance. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002;99(8):5638-5642. doi: 10.1073/pnas.082092899
16. Ключенович В.И., Климович С.В., Трешкова Т.С., Бортновский В.Н. Оценка безопасности для

- здоровья населения водных объектов, используемых в рекреационных целях: Новые подходы // Проблемы здоровья и экологии. 2008. № 4 (18). С. 138–142.
17. Емельянова И.А., Климентова Е.Г. Оценка уровня микробного загрязнения поверхностных водоемов городских рекреационных зон Московской области // Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика: Сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции, Уфа, 24 ноября 2020 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр "Вестник науки"», 2020. С. 333–337.
 18. Механтьев И.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Масайлова Л.А. Оценка связи заболеваемости населения Воронежской области с водным фактором // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. Т. 15. № 3. С. 40–46. doi: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1
 19. Амвросьева Т.В., Поклонская Н.В., Цеханович Н.С., Колесникова О.А., Шилова Ю.А., Лозюк С.К. Опыт использования молекулярных методов для лабораторной диагностики вирусных Оки и типирования их возбудителей на примере Минского региона // Современные аспекты здоровьесбережения: Сборник материалов юбилейной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию медико-профилактического факультета УО «БГМУ», Минск, 23–24 мая 2019 года / Под редакцией А.В. Сикорского, А.В. Гиндюка, Т.С. Борисовой. Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2019. С. 313–320.
 20. Малышев В.В., Змеева Т.А., Носкова Т.В. Качество воды и заболеваемость острыми кишечными вирусными инфекциями детей и взрослых в России // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. № 3. С. 63.
 21. Савков А.С. Сравнительный анализ заболеваемости острыми кишечными инфекциями взрослого населения // International Scientific Review. 2015. № 5 (6). С. 30–32.
 22. Степкин Ю.И., Трухина Г.М., Агеева О.Т., Жарикова О.С. Мониторинг за циркуляцией энтеровирусов в объектах окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 4(205). С. 45–48.
 23. Алешня В.В., Журавлев П.В., Панасовец О.П. и др. Роль санитарно-гигиенических факторов в распространении бактериальных кишечных инфекций водным путем // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 10(295). С. 20–23. doi: 10.35627/2219-5238/2017-295-10-20-23
 24. Трухина Г.М. Теоретические основы и критерии оценки микробного загрязнения окружающей среды. Здоровье как гигиеническая проблема. Москва: Лукоморье, 2006. С. 268–286.
 25. Аксютя Г.В. Дисбактериоз — индикатор здоровья населения в условиях городской среды // Научные труды ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана. Липецк. 2005. вып. 15. С. 478–480.
 26. Лаврик Е.П., Трухина Г.М., Кравченко А.Г., Высотин С.А., Высотина А.Т., Дмитриева Н.А. Санитарно-эпидемиологические особенности рекреационного водопользования Туапсинского района Краснодарского края // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 910–916. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-910-916
 27. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Орлов М.С., Ярушин С.В., Мишина А.Л. Научная концепция развития нормативно-методической основы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1226–1230. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230
 28. Оказова З.П., Автаева Т.А. Использование микроорганизмов в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 636.
 29. Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З., Гипп Е.К., Загайнова А.В., Максимкина Т.Н. и др. Сравнительная оценка санитарно-эпидемиологической значимости индикаторных колиформных показателей качества питьевой воды. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98 № 3. С. 237–249. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249>
 30. McLellan SL, Daniels AD, Salmore AK. Clonal populations of thermotolerant Enterobacteriaceae in recreational water and their potential interference with fecal Escherichia coli counts. *Appl Environ Microbiol*. 2001;67(10):4934–4938. doi: 10.1128/AEM.67.10.4934-4938.2001
 31. Загайнова А.В., Трухина Г.М., Рахманин Ю.А., Артемова Т.З., Сухина М.А. Обоснование введения индикаторных показателей «Обобщенные колиформные бактерии» и «Escherichia coli» в систему санитарно-эпидемиологического контроля безопасности питьевой воды // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 12. С. 1353–1359. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1353-1359
 32. Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З. и др. Сравнительная оценка санитарно-эпидемиологической значимости индикаторных колиформных показателей качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 3. С. 237–249. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249
 33. Журавлев П.В., Алешня В.В., Ковалев Е.В., Шварег М.М. Комплексное изучение микробного риска возникновения острых кишечных инфекций при оценке эпидемиологической безопасности питьевого водопользования // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 7. № 3(26). С. 7–14. doi: 10.24411/2305-3496-2018-13001
 34. Загайнова А.В., Артемова Т.З., Трухина Г.М., Сухина М.А. Гигиеническое нормирование качества и безопасности воды систем централизованного питьевого водоснабжения с учетом современной таксономии микроорганизмов // Здоровье и окружающая среда: Сборник материалов международной научно-практической конференции, Минск, 19–20 ноября 2020 года / Редколлегия: С.И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. Минск: Белорусский государственный университет, 2021. С. 55–56.

References

1. Onishchenko GG. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of public health. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(3):5–9. (In Russ.)
2. Chubirko MI, Pichuzhikina NM, Mekhantsev II, Masailova LA. Evaluation of the efficiency of measures to reduce the influence of risk factors on human health. *Gigiena i Sanitariya*. 2010;(3):7–8. (In Russ.)
3. Verkhuturtseva AS, Knyazeva TG, Sinyavskii IV, Verkhuturtseva ES. [Impact of a metropolis on pollution of surface water bodies with heavy metals (the example of the Miass River, Chelyabinsk Region)]. *Novoe Slovo v Nauke i Praktike: Gipotezy i Aprobatsiya Rezul'tatov Issledovaniy*. 2016;(26):8–17. (In Russ.)
4. Koneva MN, Stupnikova NA. Oil-oxidizing microorganisms as indicators of oil pollution of watercourses of Petropavlovsk-Kamchatsky. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2021;(7-2(109)):23–27. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.037
5. Il'inskii VV, Porshneva OV, Komarova TI, Koronelli TV. The effect of petroleum hydrocarbons on the hydrocarbon-oxidizing bacteriocenosis in the southeast part of the Mozhaikoe water storage basin. *Mikrobiologiya*. 1998;67(2):220–225. (In Russ.)
6. Gogoleva OA, Nemtseva NV. Hydrocarbon-oxidizing microorganisms in natural ecosystems. *Byulleten' Orenburgskogo Nauchnogo Tsentra UrO RAN*. 2012;(2):1. (In Russ.)
7. Trukhina GM. Assessment of an environmental microbiological risk to the population's health in the sociohygienic monitoring system. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2008;(1):43. (In Russ.)
8. Ivanov DV, Egorov AM. [Distribution and resistance mechanisms of microorganism strains of bacteria Pseudomonas]. *Farmateka*. 2007;(8/9):159–168. (In Russ.)
9. Kalashnikov YuS. Hygienic aspects of water use of the population of the upper Don basin. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(7(304)):31–34. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-304-7-31-34
10. Bezverbnaya IP, Buzoleva LS, Khristoforova NS. Metal-resistant heterotrophic bacteria in coastal waters of Primorye. *Biologiya Morya*. 2005;31(2):73–77. doi: 10.1007/s11179-005-0047-0

11. Alonso A, Sánchez P, Martínez JL. Environmental selection of antibiotic resistance genes. *Environ Microbiol.* 2001;3(1):1-9. doi: 10.1046/j.1462-2920.2001.00161.x
12. Zhuravlyov PV, Panasovets OP, Aleshnya VV, Kazachok IP, Chernogorova TN, Derevyakina YeI. Antibiotic resistance of bacteria isolated from water of the open reservoirs. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2015;(5(266)):24-26. (In Russ.)
13. Buzoleva LS, Kim AV, Kompanets GG, Bogatyrenko EA. Manifestation of pathogenic properties in marine bacteria under impact of anthropogenic pollution. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2016;(3):30-36. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2016-3-30-36
14. Zhuravlyov PV, Aleshnya VV, Panasovets OP. Pathogenicity ferments of bacteria isolated from water of the open reservoirs. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(1(298)):11-14. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-11-14
15. Tran JH, Jacoby GA. Mechanism of plasmid-mediated quinolone resistance. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002;99(8):5638-5642. doi: 10.1073/pnas.082092899
16. Kljuchenchov VI, Klimovich SV, Treshkova TS, Bortnovsky VN. Estimation of safety of the water objects used in recreational purposes for the health of population: New approaches. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii.* 2008;(4(18)):138-142. (In Russ.)
17. Emelyanova IA, Klimentova EG. [Assessment of the level of microbial pollution of surface water bodies of urban recreational zones of the Moscow Region.] In: *Actual Issues of Modern Science: Theory, Technology, Methodology and Practice: Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference, Ufa, November 24, 2020.* Ufa: Vestnik Nauki Publ.; 2020:333-337. (In Russ.)
18. Mekhantiev II, Klepikov OV, Kurolap SA, Masajlova LA. Health risk of the population in Voronezh Region related to water factor. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy, eEdition.* 2021;15(3):40-46. (In Russ.) doi: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1
19. Amvrosieva TV, Paklonskaya NV, Tsekanovich NS, Kolesnikova OA, Shilova YA, Lozyuk SK. Practice of application of molecular methods for laboratory diagnostics of viral enteric infections and typing of their agents on the example of Minsk region. In: Sikorski AV, Hindyuk AV, Borisova TS, eds. *Modern Aspects of Health Maintenance: Proceedings of the Anniversary Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 55th Anniversary of the Faculty of Preventive Medicine of BGMU, Minsk, May 23–24, 2019.* Minsk: Belarusian State Medical University Publ.; 2019:313-320. (In Russ.)
20. Malyshev VV, Zmeeva TA, Noskova TV. [Water quality and incidence of acute intestinal viral infections in children and adults in Russia.] *Infektsiya i Immunitet.* 2016;6(3):63. (In Russ.)
21. Savkov AS. Comparative analysis of acute intestinal infections of the adult population. *International Scientific Review.* 2015;(5(6)):30-32. (In Russ.)
22. Styopkin YI, Trukhina GM, Ageyeva OT, Zharikova OS. Monitoring of circulating of enteroviruses of the objects of environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2010;(4(205)):45-48. (In Russ.)
23. Aleshnya VV, Zhuravlyov PV, Panasovets OP, et al. The role of sanitary and hygienic factors in the spread of bacterial intestinal infections by waterway. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2017;(10(295)):20-23. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-295-10-20-23
24. Trukhina GM. [Theoretical foundations and criteria for assessing microbial pollution of the environment.] In: *Health as a Hygienic Problem.* Moscow: Lukomor'e Publ.; 2006:268-286. (In Russ.)
25. Aksyuta G.V. Dysbiosis – indicator of public health in an urban environment. Scientific works of the FNCG named after F.F. Erisman. Lipetsk. 2005;15:478-480. (In Russ.)
26. Lavrik EP, Trukhina GM, Kravchenko AG, Vysotin SA, Vysotina AT, Dmitrieva NA. Sanitary and epidemiological features of recreational water use of the Tuapse district of the Krasnodar region. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(9):910-916. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-910-916
27. Popova AY, Gurvich VB, Kuzmin SV, Orlov MS, Yarushin SV, Mishina AL. The paradigm of the development of the regulatory and methodological framework aimed to maintain sanitary and epidemiological welfare of the population. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1226-1230. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230
28. Okazova ZP, Avtaeva TA. The usage of microorganisms as indicators of environmental pollution. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2015;(5):636. (In Russ.)
29. Rakhmanin YuA, Ivanova LV, Artemova TZ, et al. Comparative assessment of sanitary and epidemic importance of indicator coliform indices of drinking water quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2016;95(6):582-588. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-582-588
30. McLellan SL, Daniels AD, Salmore AK. Clonal populations of thermotolerant Enterobacteriaceae in recreational water and their potential interference with fecal *Escherichia coli* counts. *Appl Environ Microbiol.* 2001;67(10):4934-4938. doi: 10.1128/AEM.67.10.4934-4938.2001
31. Zagainova AV, Trukhina GM, Rakhmanin YuA, Artemova TZ, Sukhina MA. The rationale for introducing the indices “Generalized Coliform Bacteria” and “*Escherichia coli*” into the scheme of sanitary and microbiological control of water quality as indices of fecal contamination. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(12):1353-1359. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1353-1359
32. Rakhmanin YuA, Ivanova LV, Artemova TZ, et al. Comparative assessment of the sanitary and epidemic importance of coliform indicators of the drinking water quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(3):237-249. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249
33. Zhuravlev PV, Aleshnya VV, Kovalev EV, Shvager MM. Comprehensive study of the microbial risk of acute intestinal infections occurrence when assessing the epidemiological safety of drinking water use. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie.* 2018;7(3(26)):7-14. (In Russ.) doi: 10.24411/2305-3496-2018-13001
34. Zagainova AV, Artemova TZ, Trukhina GM, Sukhina MA. [Hygienic standardization of water quality and safety of centralized drinking water supply systems in view of modern taxonomy of microorganisms.] In: Sychik SI, ed. *Health and Environment: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Minsk, November 19–20, 2020.* Minsk: Belarusian State University Publ.; 2021:55-56. (In Russ.)





Транспортный шум как фактор риска здоровью населения и установления ограничений использования земельных участков городских и сельских поселений

В.Б. Алексеев, И.В. Май, С.В. Клейн, Д.Н. Кошурников

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

Резюме

Введение. Шум является одним из приоритетных для изучения факторов вредного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Существующая тенденция показывает, что ситуация в крупных городах в части воздействия шума ухудшается. Нужны новые инструменты государственного регулирования по недопущению проживания населения в условиях санитарно-эпидемиологического неблагополучия. Существующая нормативная база, а также научные методические подходы позволяют управлять сложившейся ситуацией с сохранением здоровья граждан.

Цель: зонирование территории крупного города по уровням шума для задач градостроительного регулирования с оценкой риска здоровью городского населения в условиях воздействия автотранспортного шума.

Материалы и методы. В рамках акустического моделирования учтены данные о 4200 участках улично-дорожной сети в виде источников шума, эксплуатирующих порядка 300 тысяч транспортных единиц в сутки. Комплексные акустические расчеты выполнены с использованием программного обеспечения «Эколог-Шум», реализующего действующие нормативно-методические документы по распространению шума на местности. Расчеты выполнены для всей территории города в границах расчетного прямоугольника размером 50 × 35 км с шагом расчетной сетки 200 м. Отображение результатов зонирования выполнено с использованием геоинформационных систем. Расчет потенциального риска нарушений здоровья выполнен согласно действующей методологии по оценке риска здоровью населения от воздействия транспортного шума.

Основные результаты. На основе имитационного и ситуационного акустического моделирования распространения автотранспортного шума выполнено зонирование территории крупного города по уровням шума для задач градостроительного регулирования с оценкой потенциального риска нарушений здоровья городского населения. По результатам моделирования выделены зоны акустического дискомфорта с уровнями шума выше 55 и 45 дБА, принятых в качестве критериев безопасности для дневного и ночного времени суток соответственно. В рамках апробации выделено три основные зоны акустического воздействия на городское население: зона 1 (менее 45 дБА) – 255,44 км², зона 2 (45–55 дБА) – 263,72 км², зона 3 (более 55 дБА) – 289,88 км². Установлено, что большая часть населения проживает в зоне 3 – 893 306 человек, что потенциально может обуславливать формирование рисков нарушения здоровья. Результаты оценки риска здоровью показали, что при длительном (хроническом) воздействии на территории города формируются умеренные риски к 14 годам, высокие – к 45 годам и очень высокие – к 55 годам.

Заключение. Сложившаяся ситуация накладывает ограничения использования на ряд земельных участков города и требует выполнения совокупности шумозащитных мероприятий, минимизации жилой застройки, использования территории для целей, не связанных с постоянным проживанием граждан. На отдельных территориях данные результаты легли в основу принятия управленческих решений по пространственному развитию территорий города.

Ключевые слова: акустическое моделирование, шумовое воздействие, оценка риска от шума, территориальное планирование, пространственное зонирование.

Для цитирования: Алексеев В.Б., Май И.В., Клейн С.В., Кошурников Д.Н. Транспортный шум как фактор риска здоровью населения и установления ограничений использования земельных участков городских и сельских поселений // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 25–32. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-25-32>

Сведения об авторах:

✉ Алексеев Вадим Борисович – д.м.н., директор; e-mail: root@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-7232>.

Май Ирина Владиславовна – д.б.н., профессор, заместитель директора по научной работе; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Клейн Светлана Владиславовна – д.м.н., доцент, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: kley@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

Кошурников Дмитрий Николаевич – старший научный сотрудник отдела системных методов социально-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: kdn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7388>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов получения данных для анализа: Алексеев В.Б.; актуальность, заключение: Май И.В., Клейн С.В.; материалы и методы, результаты, обсуждение, аналитическая и экспериментальная часть работы, подготовка рукописи: Кошурников Д.Н. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 26.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Traffic Noise as a Factor of Health Risks and Restrictions on the Use of Land Plots of Urban and Rural Settlements

Vadim B. Alekseev, Irina V. May, Svetlana V. Kleyn, Dmitry N. Koshurnikov

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

Summary

Introduction: Noise is one of the priority risk factors for human health and the environment. Urban noise exposure demonstrates a steady increase. New instruments of government regulation are necessary to prevent sanitary and epidemiological ill-being of the population. The existing regulatory framework and methodological approaches facilitate management of the current situation while maintaining health of citizens.

Objective: To zone the territory of a large city by noise levels for the tasks of urban planning and assessment of health risks posed by road traffic noise.

Materials and methods: Data on 4,200 sections of the road network as sources of urban noise with the average daily traffic of ca. 300,000 vehicles were used for acoustic modeling. Complex acoustic calculations were performed using the “Ecolog-Noise” software incorporating current regulations and guidelines on spatial distribution of noise for the entire area of the city within the boundaries of the computational rectangle sized 50 × 35 km and a grid step of 200 meters. The mapping of zoning results was made using geographic information systems. Potential risks of health disorders were assessed in accordance with the current methodology for assessing human health risk posed by traffic noise.

Results: Based on simulation and situational acoustic modeling of spatial distribution, we zoned the territory of the city by noise levels for the tasks of urban development and assessed potential health risks for its citizens. We established zones of acoustic discomfort with the noise levels above 55 dBA and 45 dBA, taken as safety criteria for daytime and nighttime, respectively. Three major zones with different levels of noise exposure were identified: zone 1 (< 45 dBA) with the area of 255.44 km²; zone 2 (45–55 dBA), 263.72 km²; and zone 3 (> 55 dBA), 289.88 km². We estimated that most city inhabitants (893,306 people) lived in the third zone and were at risk of noise-related health disorders. The results of health risk assessment showed that long-term exposure to urban noise generated moderate risks by 14 years of age and high and very high risks by 45 and 55 years of age, respectively.

Conclusion: Under current circumstances, the use of certain land plots in the city is limited. Such areas require effective noise protection and minimal residential development to eliminate human exposure to harmful noise levels. Our findings have substantiated managerial decisions on the spatial development of urban territories.

Keywords: acoustic modeling, noise exposure, health risk assessment, urban development, spatial zoning.

For citation: Alekseev VB, May IV, Kleyn SV, Koshurnikov DN. Traffic noise as a factor of health risks and restrictions on the use of land plots of urban and rural settlements. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):25–32. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-25-32>

Author information:

✉ Vadim B. Alekseev, Dr. Sci. (Med.), Director; e-mail: root@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-7232>.

Irina V. May, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Deputy Director for Research; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Svetlana V. Kleyn, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of System Methods of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

Dmitry N. Koshurnikov, Senior Researcher, Department of System Methods of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: kdn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7388>.

Author contributions: study conception and design, data acquisition, analysis and interpretation of the results: Alekseev V.B.; relevance, conclusion: May I.V., Kleyn S.V.; materials and methods, results, discussion, analytical and experimental part of work, draft manuscript preparation: Koshurnikov D.N. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения является стратегической задачей Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). В текущих условиях развития мира в целом и РФ в частности с появлением наилучших доступных технологий казалось возможным управлять всеми факторами вредного воздействия. Однако рост количества тиражированных наилучших доступных технологий в развитии промышленного производства и предметов благосостояния населения сводит на нет попытки улучшения качества среды обитания. Установлено, что основными вредными факторами XXI века являются загрязнение атмосферного воздуха, а также воздействие детерминантов физической природы, в частности шума [1].

В последние годы отмечается непрерывное повышение шумового фона городов. Эквивалентный уровень звука в таких городах, как Париж, Рим, Нью-Йорк, Мехико, Москва, достигают 75–80 дБА. Городской шум имеет тенденцию к росту. Уровень шума в городах возрастает ежегодно в среднем на 0,5–1,0 дБА. Эта тенденция сохраняется, несмотря на ужесточение норм к средствам транспорта. По прогнозам, тенденция к усилению шума в городах в ближайшие годы будет сохраняться [2].

Шумовое загрязнение, характерное сейчас для крупных городов, сокращает продолжительность жизни их жителей на 10–12 лет. Всеобщий рост парка транспортных средств, развитие сети автомобильных дорог, приближенных к существующей жилой застройке, развитие новых территорий, обусловленных транспортной доступностью, —

все это приводит к появлению зон акустического дискомфорта, то есть областей, в которых показатели шума превышают предельно допустимые значения.

Выделяют психологический (раздражение), функциональный (мешает какой-либо деятельности) и физиологический (потеря слуха и т. д.) аспекты вредного воздействия шумового фактора.

Согласно нормативам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), сердечно-сосудистые заболевания могут возникнуть, если человек по ночам постоянно подвергается воздействию шума громкостью 50 дБ или выше — такой шум издает улица с неинтенсивным движением. Для того чтобы заработать бессонницу, достаточно шума в 42 дБ; чтобы просто стать раздражительным — 35 дБ (звук шепота) [3–8].

Формируемые нарушения в состоянии здоровья городского населения в первую очередь связаны с условиями проживания (пребывания) людей в объектах капитального строительства и на прилегающей территории [9, 10]. Использование земельных участков городских и сельских поселений должно осуществляться с учетом санитарных правил и нормативов, в том числе по шумовому фактору¹, с установлением зон ограничения использования городских и сельских территорий.

В условиях современного уплотнения городской застройки распространение звуковых волн приобретает новую модель распределения шума с учетом множественных отражений звука и формирования зон акустического дискомфорта на территории как существующей, так и перспективной жилой застройки. Городской, или, как еще называют, «коммунальный», шум обусловлен

¹ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

преимущественно транспортным воздействием, включая автомобильный, авиационный и железнодорожный [11, 12].

По многочисленным исследованиям определено, что наиболее значимым источником транспортного шума является автомобильный транспорт (вклад в акустическое загрязнение крупных городов составляет до 80 %), который характеризуется колоссальным количеством источников шума, представляющих собой совокупность участков улично-дорожной сети (УДС), и значительной протяженностью автомобильных дорог [13–15].

В последние годы широкое применение получило ситуационное и имитационное моделирование распространения шума для задач оценки, контроля и управления воздействием шумовым фактором в условиях крупных мегаполисов с последующим зонированием территории населенного пункта. Данные методические подходы широко применяются в зарубежной и отечественной практике градостроительного планирования и территориального зонирования населенных мест [16–20].

Используемая в отечественной практике методология акустического картирования (зонирования) территорий населенных пунктов по шумовому фактору полностью соответствует Директиве Европейского парламента и Европейского союза 2002/49/ЕС от 25 июня 2002 г. об оценке и регулировании шума окружающей среды².

Однако нормирование шума не отражает характера последствий со стороны здоровья населения городских и сельских населенных пунктов в отдаленной перспективе с учетом длительного проживания под воздействием шума. Согласно введенным в действие в 2012 году МР 2.1.10.0059–12³ в качестве критерия возможности использования городских и сельских территорий могут быть применены критерии риска нарушений здоровья населения под воздействием шумового фактора, рассчитанного на основании эволюционного моделирования с учетом заданных сценариев акустического воздействия. Установленная процедура по оценке риска выполняется по классической схеме (идентификация опасности, оценка зависимостей «экспозиция – ответ» («экспозиция – эффект»), оценка экспозиции, характеристика риска), в которую введены элементы динамичности, учитывается эволюция, нарастание риска с увеличением периода воздействия [21].

В соответствии с методикой МР 2.1.10.0059–12³ для оценки формируемых рисков нарушений здоровья населения оцениваются полученные скорректированные уровни шума как отправная точка для оценки экспозиции за оцениваемый промежуток времени через учет числа и продолжительности шумовых событий. В качестве показателя экспозиции при воздействии шума, согласно методике, используется величина эквивалентного уровня средневзвешенного шума (L_{Aeq} , дБА) как меры контакта населения с вредным фактором по уравнению (1):

$$L_{DN} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{L_{Aday}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Anight}+10}{10}} \right) \quad (1)$$

где $L_{Aday} = L_{Aeq,16}$ – эквивалентный скорректированный 16-часовой уровень дневного шума;

$L_{Anight} = L_{Aeq,8}$ – эквивалентный скорректированный 8-часовой уровень ночного шума.

В основе оценки зависимости «экспозиция – ответ» лежат рекуррентные уравнения нарастания риска, построенные на основании признанных парных математических моделей. Для оценки зависимостей в методике приняты модели связи фактора транспортного шума с показателями состояния здоровья населения, доказанными в эпидемиологических исследованиях по трем основным органам и системам: органы слуха, сердечно-сосудистая и нервная системы. Перечисленные органы и системы являются основными органами-мишенями при воздействии шума, что подтверждается докладами ВОЗ⁴ и актуальными научными данными [22, 23]. Оценка агрегированного риска нарушений здоровья в отношении органов-мишеней, основанная на эволюционных математических моделях развития неблагоприятных эффектов под воздействием шума, выполняется решением системы рекуррентных уравнений (2):

$$\begin{cases} R_{t+1}^{Acl} = R_t^{Acl} + \left[0,0118 \cdot R_t^{Acl} + 0,001 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Acl})}{50} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Acc} = R_t^{Acc} + \left[0,052 \cdot R_t^{Acc} + 0,015 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Acl})}{58,5} - 1 \right\rangle \right] C \\ R_{t+1}^{Anc} = R_t^{Anc} + \left[0,0074 \cdot R_t^{Anc} + 0,0016 \cdot \left\langle \frac{L_{den,t} \cdot (1 - R_t^{Acl})}{43} - 1 \right\rangle \right] C \end{cases} \quad (2)$$

где: начальные уровни (R_t при $t = 0$): $R_0^{Acl} = 0,023$; $R_0^{Acc} = 0,007$; $R_0^{Anc} = 0,02855$;

R_t^{Ai} – риск нарушения i -й системы органов на начальный (заданный) момент времени t ;

R_{t+1}^{Ai} – риск нарушения i -й системы органов для следующего временного шага ($t + 1$) (зависит от C);

R_t^{Acl} – агрегированный риск развития нарушений различной тяжести слухового аппарата (шум в ушах; кондуктивная нейросенсорная потеря слуха; потеря слуха, вызванная шумом) на момент времени t ;

R_t^{Acc} – агрегированный риск развития нарушений различной тяжести сердечно-сосудистой системы (повышение кровяного давления, гипертоническая болезнь сердца, ишемическая болезнь сердца, стенокардия, инфаркт миокарда) вызванная шумом) на момент t ;

R_t^{Anc} – агрегированный риск развития на момент t нарушений нервной системы (нервное напряжение, расстройство сна, когнитивные нарушения, вегетососудистая дистония);

$L_{den,t}$ – средневзвешенный суточный уровень шума в исследуемый период t , дБ;

² Директива Европейского парламента и Европейского союза 2002/49/ЕС от 25 июня 2002 г. об оценке и регулировании шума окружающей среды [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://base.garant.ru/71148134/> (дата обращения: 10.08.2022 г.).

³ МР 2.1.10.0059–12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума»: Методические рекомендации. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 40 с.

⁴ WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018> (дата обращения: 15.08.2022 г.).

C – временной эмпирический коэффициент;
 $\langle \rangle$ – скобки Келли, принимающие значения
 $\langle x \rangle = 0$ при $x < 0$ и $\langle x \rangle = x$ при $x \geq 0$.

Стоит отметить, что начальные уровни тяжести формируемых эффектов со стороны здоровья в отношении основных органов-мишеней могут отличаться для разных субъектов Российской Федерации при наличии обоснованных данных о фактически реализованных заболеваниях, обусловленных воздействием шумового фактора.

Действующая методология по оценке риска здоровью населения содержит порядок оценки уровней формируемого риска в виде шкалы риска с последующей проработкой необходимых мероприятий, в частности: *величина индекса риска менее 0,05* характеризуется как пренебрежительно малый, приемлемый риск; *величина индекса риска в диапазоне 0,05–0,35* характеризуется как умеренный, неприемлемый риск; *величина индекса риска в диапазоне 0,35–0,6* характеризуется как высокий, неприемлемый риск; *величина индекса риска более 0,6* характеризуется как очень высокий, неприемлемый риск. К основным процедурам можно отнести проведение мониторинга шумовой нагрузки, внедрение шумозащитных мероприятий, контроль за ними, а также регулярный пересмотр уровней формируемого риска для здоровья населения.

Научная основа обоснования необходимости внедрения шумозащитных мероприятий позволила установить в качестве критерия уровни формируемого риска возможных нарушений здоровья населения. Приведенные критерии позволяют установить ограничения использования земельных участков под перспективное жилищное строительство и иные объекты, нормируемые по шумовому фактору в рамках градостроительного планирования и территориального зонирования городских и сельских территорий.

В рамках настоящего исследования апробирован подход по акустическому зонированию исследуемой территории с оценкой ожидаемых последствий для здоровья населения под воздействием хронической экспозиции автотранспортного шума.

Результаты настоящего исследования будут способствовать принятию обоснованных управленческих решений по размещению новых объектов, развитию территорий и градостроительному планированию, исключая нарушения санитарного законодательства.

Целью исследования являлось зонирование территории крупного города по уровням шума для задач градостроительного регулирования с оценкой риска здоровью городского населения в условиях воздействия автотранспортного шума.

Объектом исследования была определена территория города Перми для задач комплексных акустических расчетов и зонирования территории.

Материалы и методы. В рамках настоящего исследования во внимание были приняты данные об интенсивности и структуре транспортных потоков города с оценкой формируемых уровней транспортного шума. Акустическая характеристика транспортных потоков в виде отдельных участков улично-дорожной сети основывалась на таких параметрах, как интенсивность автомобилей за

единицу времени; средняя скорость движения; уклон и вид дорожного покрытия⁵.

Информация об интенсивности и структуре транспортного потока автотранспортных магистралей города была получена от департамента дорог и транспорта администрации города Перми, а также от иных органов власти, уполномоченных на сбор и анализ информации о транспортных потоках города. Данные об интенсивности транспортных потоков приняты на уровне 2020 года. В отдельных случаях при отсутствии данных об интенсивности и верификации расчетных данных для исследования был привлечен испытательный лабораторный центр ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с оформлением результатов инструментальных измерений в виде протоколов. Результатом расчета уровня шума являлся эквивалентный уровень звука, являющийся исходным количественным параметром на этапе оценки акустической экспозиции. Пиковые нагрузки вносят наибольший вклад в общую хроническую шумовую экспозицию и формируют основные зоны акустического дискомфорта в условиях плотной городской застройки.

В рамках настоящей исследовательской работы была использована информация о 4200 участках УДС в виде источников шума, эксплуатирующих порядка 300 тысяч транспортных единиц в сутки.

Акустические расчеты выполнены с использованием программного продукта, реализующего действующие нормативно-методические документы на территории Российской Федерации по распространению шума на местности. В частности, акустические расчеты были проведены в программе «Эколог-Шум» (фирма «Интеграл») с использованием дополнительных модулей по расчетам шума. Используемый программный продукт имеет сопряжение с геоинформационными системами (далее – ГИС), которые позволяют визуализировать как исходные данные, так и результаты модельных расчетов.

Значительный вклад в картину распространения шума вносит эффект многократного отражения от фасадов зданий. Сложность учета отражения звука заключается в том, что количество отражений растет экспоненциально с каждой итерацией, т. е. на первой итерации рассматриваются однократные отражения звука от фасадов, на второй – отражения второго порядка и т. д.

Для моделирования была использована векторная карта города Перми, основанная на совокупности электронных слоев градостроительного и ландшафтного характера, положенная в основу для электронной привязки источников шумового воздействия.

Дополнительно в модельных расчетах учтены данные об объектах капитального строительства, расположенных в границах города в виде порядка 12 000 объектов, учтенных в расчетах в качестве объектов экранирования и поглощения звуковых волн.

Принятая УДС характеризовалась наиболее востребованными и загруженными автомагистралями города, предварительно формирующими зоны акустического дискомфорта в районах и микрорайонах города с плотной городской

⁵ Пособие к МГСН 2.04–97 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий». М., 1998. 57 с.

застройкой. В общем виде акустическая оценка г. Перми включала анализ взаимного расположения объектов капитального строительства и линейных источников шума, описание сложившейся градостроительной ситуации с позиций соблюдения установленных экологических и гигиенических критериев шумового воздействия в целом по городу.

Расчеты выполнены для всей территории города в границах расчетного прямоугольника размером 50×35 км с шагом расчетной сетки 200 м. Расчеты проводились в приземном слое атмосферы на высоте 1,5 м от земли на уровне слышимости человеком, что целесообразно в первую очередь при нахождении населения на территории.

Результаты. По результатам комплексных акустических расчетов была построена схема шумового воздействия на всей территории города Перми и определены территории акустического дискомфорта, выделенные по действующим экологическим и гигиеническим критериям воздействия шума на селитебную территорию. В частности, на территории города были выделены зоны акустического дискомфорта с уровнями шума выше 55 и 45 дБА, принятых в качестве критериев безопасности для дневного и ночного времени суток соответственно.

В связи с тем что городской шум обусловлен автотранспортным источником воздействия, основные зоны акустического дискомфорта формировались вдоль автотранспортных магистралей, на пересечении улиц, развязок и иных автотранспортных объектов, принятых в качестве источников шума.

Первичный анализ показал, что порядка 60 % селитебной территории города находится в зонах акустического дискомфорта с уровнями шума выше установленных гигиенических нормативов для дневного и ночного времени суток.

По результатам комплексных акустических расчетов на территории города выделены зоны акустического дискомфорта, формирующиеся вдоль основных автомагистралей города Перми с уровнями шума 60–70 дБА. На отдельных территориях спальных районов и внутри групп объектов капитального строительства отмечено формирование эквивалентных уровней для дневного времени в диапазоне 55–65 дБА. На отдельных территориях города формировались зоны акустической тишины с уровнями шума

менее 55 дБА, что обусловлено удаленностью от источников шума, наличием существующей застройки в виде объектов экранирования.

Результаты акустических расчетов показали, что в условиях высокой интенсивности движения (до 1850 машин в час) расчетные уровни шума в точках жилой застройки достигали 77,0 дБА. В зонах акустической тишины, преимущественно расположенных в границах комплексов зданий и кварталов, позволяли сохранить допустимый уровень, при этом минимальные значения составили порядка 37,3 дБА. Частично верифицированные данные результатами инструментальных измерений позволили подтвердить эту тенденцию. В частности, выполненные инструментальные измерения повсеместно были близки расчетным уровням: в дневное время суток были зафиксированы показатели в диапазоне от 50,6 до 76,9 дБА, в вечернее время суток шум отмечен в диапазоне от 61,0 до 74,4 дБА, ночью уровень шума снижался до 44,9–45,5 дБА, достигая нормативов.

По результатам объединения совокупности точек расчетной сетки были выделены три основные зоны акустического воздействия на городское население:

– зона 1 (менее 45 дБА) – характеризуется отсутствием превышения ночного и дневного предельно допустимых уровней шума для территорий жилой застройки;

– зона 2 (45–55 дБА) – характеризуется превышением ночного и отсутствием превышения дневного предельно допустимых уровней шума для территорий жилой застройки;

– зона 3 (более 55 дБА) – характеризуется превышением ночного и дневного предельно допустимых уровней шума для территорий жилой застройки.

Для формирования конкретных ограничений использования земельных участков, обусловленных нарушением санитарных правил и нормативов, для территорий были определены площади, потенциально не предназначенные для размещения объектов жилой застройки и иных нормируемых объектов (табл. 1).

Полученные объединенные зоны были сопоставлены с данными точек проживания населения города для задач определения численности городского населения, проживающего в условиях воздействия вредного шумового фактора (табл. 2).

В целом на исследуемой территории в пределах города проживает 1 042 763 человека. Фактически

Таблица 1. Площадь территории города по зонам с различными уровнями шумового воздействия

Table 1. The area of urban zones with different noise exposure levels

Площадь, км ² / Area, km ²	Зоны с различной шумовой нагрузкой / Zones with different noise levels		
	зона 1 (менее 45 дБА) / zone 1 (< 45 dBA)	зона 2 (45–55 дБА) / zone 2 (45–55 dBA)	зона 3 (более 55 дБА) / zone 3 (> 55 dBA)
В условиях воздействия транспортного шума / Exposed to traffic noise	255,44	263,72	289,88

Таблица 2. Численность населения, проживающего в зонах различного шумового воздействия

Table 2. The size of population living in the urban zones with different noise levels

Население / Population	Зоны с различной шумовой нагрузкой / Zones with different noise levels		
	зона 1 (менее 45 дБА) / zone 1 (< 45 dBA)	зона 2 (45–55 дБА) / zone 2 (45–55 dBA)	зона 3 (более 55 дБА) / zone 3 (> 55 dBA)
В условиях воздействия транспортного шума / Exposed to traffic noise	94 628	54 829	893 306

в условиях воздействия шумового фактора, преимущественно обусловленного транспортным шумом, проживает все население города. Согласно табл. 2 установлено, что большая часть населения проживает на территориях с превышением установленных гигиенических нормативов (зона 3 — 893 306 человек), что потенциально может обуславливать формирование рисков нарушения здоровья. Таким образом, в условиях развития транспортной сети крупного города фактически порядка 10 % населения проживает в условиях соблюдения допустимых уровней шума. В большинстве случаев формирование рисков нарушения здоровья обусловлено близостью автомагистралей города к селитебным территориям.

Полученные результаты акустической оценки не позволяют всецело оценить возможные риски, связанные с нарушениями здоровья вследствие длительного проживания на территориях, подверженных воздействию транспортного шума. Выполненная в рамках настоящего исследования оценка риска в зоне с наибольшими уровнями шумовой экспозиции позволила обосновать ограничения использования земельных участков для проживания населения. За основу был принят средневзвешенный суточный уровень эквивалентного шума, принятый в среднем по городу на уровне 67,5 дБА, что обусловлено близостью расположения к источникам транспортного шума (табл. 3).

Оценка риска здоровью показала, что уровни средневзвешенного суточного шума $L_{\text{дн}} = 67,5$ дБА при длительном (хроническом) воздействии в первую очередь оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему, что приводит к возникновению умеренных рисков к 18 годам, высоких — к 47 годам и очень высоких — к 56 годам. Выявленные нарушения могут проявляться в виде гипертонии, болезней сердца, инфаркта и других.

Установлено, что проживание в течение более 14 лет на территориях с выявленными уровнями шумовой нагрузки может иметь следствием негативные изменения в состоянии здоровья. Ситуация требует выполнения ряда шумозащитных мероприятий, минимизации жилой застройки, использования территории для целей, не связанных с постоянным проживанием граждан. При этом выявлено, что градиент нарастания неблагоприятных эффектов у лиц пожилого возраста более высок, чем у лиц юного и молодого возраста. Это свидетельствует о том, что процесс нарастания риска неравномерен и существуют группы риска населения, которые требуют более пристального внимания и разработки повышенных мер защиты при воздействии шумового фактора [24, 25].

Выводы

1. Для ряда территорий города использование методических подходов по зонированию в рамках реализации комплексных строительных проектов показало, как изменится акустическая ситуация. Данные обоснования легли в основу принятия управленческих решений по пространственному развитию территорий города.

2. Обращаясь к цели настоящего исследования, стоит отметить, что выделение зон акустического

дискомфорта в крупном промышленном центре и оценка динамики в приоритетных зонах являются инструментами территориального зонирования.

3. В качестве перспективы оценки территории города в соответствии с функциональным зонированием или территориальным планированием могут быть использованы критерии риска нарушений здоровья, связанного с воздействием шумового фактора. Оценка обоснования безопасности перспективного проживания населения на планируемых территориях города может быть выполнена с использованием методических подходов, изложенных в МР 2.1.10.0059—12⁶.

4. Использование методических подходов зонирования городских территорий по шумовому фактору, сопряженное с оценкой прогнозного риска нарушений здоровья населения, позволит обосновать использование земельных участков в границах городских территорий, подверженных неблагоприятному воздействию транспортного шума.

5. Результаты исследования могут быть востребованы администрацией города, в том числе как информационная основа для принятия решений по снижению шумового воздействия, обусловленного транспортным шумом. Актуальными для жителей города могут быть любые технические, архитектурно-планировочные, организационные и иные мероприятия, позволяющие обеспечить допустимые нормы шума, дополненные прогнозными величинами риска при длительном проживании на рассматриваемой территории.

6. В качестве перспективы настоящего исследования могут служить последующие детализированные акустические расчеты, передающие механизмы отражения и поглощения звуковых волн с выделением локальных зон акустической тишины. Дополнительно в рамках установления причинно-следственных связей возможных нарушений здоровья, потенциально связанных с автотранспортным шумом, могут быть использованы результаты анкетирования жителей территорий, что рекомендовано ВОЗ⁷.

Список литературы

1. Пыко А.В., Мукалова О.А., Пыко А.А. Влияние транспортного шума и загрязнения воздуха на метаболическую и сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность // Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски. 2018. Т. 2. № 1. С. 270–279.
2. Васильев А.В. Шум как фактор экологического риска в условиях урбанизированных территорий // Noise Theory and Practice. 2015. Т. 1. № 2 (2). С. 7–40.
3. Шишелова Т.И., Малыгина Ю.С., Нгуен Суан Дат. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. № 8 (приложение). С. 14–15.
4. Babisch W. Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis. *Noise Health*. 2014;16(68):1–9. doi: 10.4103/1463-1741.127847
5. Andersson EM, Ögren M, Molnár P, Segersson D, Rosengren A, Stockfelt L. Road traffic noise, air pollution and cardiovascular events in a Swedish cohort. *Environ Res*. 2020;185:109446. doi: 10.1016/j.envres.2020.109446
6. Christensen JS, Raaschou-Nielsen O, Tjønneland A, et al. Long-term exposure to residential traffic noise and changes in body weight and waist circumference: A cohort study. *Environ Res*. 2015;143(Pt A):154–161. doi: 10.1016/j.envres.2015.10.007
7. Foraster M, Eze IC, Vienneau D, et al. Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent

⁶ МР 2.1.10.0059—12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума»: Методические рекомендации. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 40 с.

⁷ WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). 2018. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018> (дата обращения: 15.08.2022 г.)

Таблица 3. Риск здоровью населения ($\tilde{R}_t^{Acon}$) в условиях хронической экспозиции средневзвешенного суточного шума $L_{Adn} = 67,5$ дБА
Table 3. Public health risk ($\tilde{R}_t^{Acon}$) of long-term exposure to noise with its average daily level $L_{Adn} = 67.5$ dBA

Возраст / Age	Риск нарушений слуха под воздействием фактора / Risk of traffic noise-related hearing loss	Риск заболеваний нервной системы под воздействием фактора / Risk of traffic noise-related nervous diseases	Дополнительный риск заболеваний сердечно-сосудистой системы под воздействием шума / Additional risk of traffic noise-related cardiovascular diseases	Дополнительный риск заболеваний нервной системы под воздействием шума / Additional risk of traffic noise-related nervous diseases	Приведенный риск заболеваний органов слуха под воздействием фактора / Reduced risk of traffic noise-related hearing loss	Приведенный риск заболеваний сердечно-сосудистой системы под воздействием фактора / Reduced risk of traffic noise-related cardiovascular diseases	Приведенный риск заболеваний нервной системы под воздействием фактора / Reduced risk of traffic noise-related nervous diseases	Совокупный приведенный индекс риска органов слуха, сердечно-сосудистой системы, нервной системы под воздействием шумовой нагрузки / Aggregated reduced index of risk of hearing loss, cardiovascular and nervous diseases posed by traffic noise
t	R_t^{Acon} / R_t^{Aho}	R_t^{Aacc} / R_t^{Adev}	R_t^{Ainc} / R_t^{Ans}	$\Delta R_t^{Aho} = R_t^{Aho} - R_t^{Aho} / \Delta R_t^{Aho} = R_t^{Aho} - R_t^{Aho}$	$\tilde{R}_t^{Aho} = \frac{\Delta R_t^{Aho}}{1 - R_t^{Aho}} / R_t^{Aho} = \frac{\Delta R_t^{Aho}}{1 - R_t^{Aho}}$	$\tilde{R}_t^{Aacc} = \frac{\Delta R_t^{Aacc}}{1 - R_t^{Aacc}} / \frac{\Delta R_t^{Aacc}}{1 - R_t^{Aacc}}$	$\tilde{R}_t^{Adev} = \frac{\Delta R_t^{Adev}}{1 - R_t^{Adev}} / \frac{\Delta R_t^{Adev}}{1 - R_t^{Adev}}$	$\tilde{R}_t^{Atotal} = \frac{\Delta R_t^{Atotal}}{1 - R_t^{Atotal}} / \frac{\Delta R_t^{Atotal}}{1 - R_t^{Atotal}}$
1	0,0236	0,0093	0,0296	0,0003	0,0019	0,0009	0,000	0,003
5	0,0260	0,0195	0,0339	0,0016	0,0105	0,0043	0,002	0,017
10	0,0292	0,0353	0,0395	0,0033	0,0237	0,0088	0,003	0,036
14	0,0319	0,0510	0,0441	0,0047	0,0367	0,0124	0,005	0,054
15	0,0325	0,0554	0,0452	0,0051	0,0404	0,0133	0,005	0,059
18	0,0346	0,0700	0,0487	0,0062	0,0525	0,0161	0,006	0,075
20	0,0361	0,0809	0,0511	0,0070	0,0616	0,0180	0,007	0,087
30	0,0437	0,1551	0,0634	0,0110	0,1230	0,0278	0,011	0,162
40	0,0521	0,2764	0,0765	0,0154	0,2232	0,0381	0,016	0,278
45	0,0567	0,3637	0,0833	0,0177	0,2952	0,0435	0,018	0,360
46	0,0576	0,3840	0,0847	0,0182	0,3119	0,0446	0,019	0,379
47	0,0586	0,4052	0,0861	0,0187	0,3294	0,0457	0,019	0,399
50	0,0615	0,4758	0,0903	0,0202	0,3876	0,0490	0,021	0,466
55	0,0666	0,6198	0,0975	0,0227	0,5061	0,0547	0,024	0,605
56	0,0676	0,6532	0,0990	0,0233	0,5336	0,0558	0,024	0,638
60	0,0719	0,8049	0,1049	0,0254	0,6583	0,0605	0,027	0,792
70	0,0835	1,0000	0,1204	0,0312	0,7567	0,0725	0,033	1,000
80	0,0963	1,0000	0,1367	0,0375	0,5960	0,0852	0,040	1,000

Риск пренебрежительно малый / Negligible risk

Риск умеренный / Moderate risk

Риск высокий / High risk

Риск очень высокий / Very high risk

- lower levels of physical activity. *Environ Int.* 2016;91:341-349. doi: 10.1016/j.envint.2016.03.011
8. Hume KI, Brink M, Basner M. Effects of environmental noise on sleep. *Noise Health.* 2012;14(61):297-302. doi: 10.4103/1463-1741.104897
 9. Хусаинов И. Г. Математическое моделирование защиты объектов от шума // Современная математика и ее приложения: материалы международной научно-практической конференции, Уфа, 18–20 мая 2017 года. Уфа: Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал, 2017. С. 367–372.
 10. Зинкин В.Н. Негативные последствия промышленного и транспортного шума на окружающую среду и население // Материалы XII международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2018) / под общ. ред. В.П. Колосова. Благовещенск, 2018. С. 177–181.
 11. Иванов Н.И., Буторина М.В., Минина Н.Н. Проблема защиты от шума // Вестник МГСУ. 2011. № 3-1. С. 135–145
 12. Eriksson C, Bodin T, Selander J. Burden of disease from road traffic and railway noise – a quantification of healthy life years lost in Sweden. *Scand J Work Environ Health.* 2017;43(6):519-525. doi: 10.5271/sjweh.3653
 13. Васильев А.В. Анализ шумовых характеристик селитебной территории г. Тольятти // Экология и промышленность России. 2005. № 4. С. 20–23.
 14. Васильев А.В. Шумовая безопасность урбанизированных территорий. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 299–305.
 15. Гуськов А.А., Степанов Н.А., Анохин С.А. Исследование транспортного шума в городе Тамбове // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18. № 5(81). С. 554–564. doi: 10.26518/2071-7296-2021-18-5-554-564
 16. Кошурников Д.Н., Максимова Е.В. Обзор зарубежной и отечественной практики шумового картирования (noise mapping) в условиях плотной городской застройки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 3 (31). С. 27–43. doi: 10.15593/2409-5125/2018.03.03
 17. Подколзин П.Л., Преликова Е.А. Роль шумовой карты в создании комфортной среды проживания // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020): Материалы II Международной научно-практической конференции, Уфа, 08 апреля 2020 года. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. 2020. С. 238–241.
 18. Tsai K-T, Lin M-D, Chen Y-H. Noise mapping in urban environments: A Taiwan Study. *Applied Acoustics.* 2009;70(7):964-972. doi: 10.1016/j.apacoust.2008.11.001
 19. Law CW, Lee CK, Lui ASW, Yeung MKL, Lam KC. Advancement of three-dimensional noise mapping in Hong Kong. *Appl Acoust.* 2011;72(1):534-543. doi: 10.1016/j.apacoust.2011.02.003
 20. Семейкин А.Ю. Оценка шумовой обстановки городской среды в отдельных микрорайонах г. Белгорода // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 56–60. doi: 10.12737/article_59a93b0921c674.33606701
 21. Клепиков О.В., Степкин Ю.И., Хорпякова Т.В. Автотранспортный шум в городе и связанный с ним риск для здоровья населения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 3. С. 50–55.
 22. Иванова И.Л., Жигаев Д.С., Кислицына Л.В., Вазенина А.А., Транковская Л.В. Гигиеническая оценка шумового загрязнения города Владивостока // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2019. № 2 (78). С. 9–13. doi: 10.5281/zenodo.3262050
 23. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(3):519. doi: 10.3390/ijerph15030519
 24. Koshurnikov D. Acoustic modeling for the tasks of hygienic assessment of the urban environment. *Akustika.* 2019;34:37-41.
 25. Zaitseva N, May I, Koshurnikov D, Balashov S. Evolution of the health disorders risk in the population under development of urbanized territories. *Akustika.* 2021;39:201-206. doi: 10.36336/akustika202139199
 4. Babisch W. Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis. *Noise Health.* 2014;16(68):1-9. doi: 10.4103/1463-1741.127847
 5. Andersson EM, Ögren M, Molnár P, Segersson D, Rosengren A, Stockfelt L. Road traffic noise, air pollution and cardiovascular events in a Swedish cohort. *Environ Res.* 2020;185:109446. doi: 10.1016/j.envres.2020.109446
 6. Christensen JS, Raaschou-Nielsen O, Tjønneland A, et al. Long-term exposure to residential traffic noise and changes in body weight and waist circumference: A cohort study. *Environ Res.* 2015;143(Pt A):154-161. doi: 10.1016/j.envres.2015.10.007
 7. Foraster M, Eze IC, Vienneau D, et al. Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity. *Environ Int.* 2016;91:341-349. doi: 10.1016/j.envint.2016.03.011
 8. Hume KI, Brink M, Basner M. Effects of environmental noise on sleep. *Noise Health.* 2012;14(61):297-302. doi: 10.4103/1463-1741.104897
 9. Khusainov IG. Mathematical modeling of protection of objects from noise. In: *Modern Mathematics and its Applications: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Ufa, May 18–20, 2017.* Ufa: Bashkir State University, Sterlitamak branch Publ.; 2017:367–372. (In Russ.)
 10. Zinkin VN. The negative consequences of industrial and transport noise on the environment and the population. In: Kolosov VP, ed. *System Analysis in Medicine: Proceedings of the 12th International Scientific Conference, Blagoveshchensk, October 18–19, 2018.* Blagoveshchensk: Far East Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration Publ.; 2018:177–181. (In Russ.)
 11. Ivanov NI, Butorina MV, Minina NN. Noise protection problem. *Vestnik MGSU.* 2011;(3-1):135-145. (In Russ.)
 12. Eriksson C, Bodin T, Selander J. Burden of disease from road traffic and railway noise – a quantification of healthy life years lost in Sweden. *Scand J Work Environ Health.* 2017;43(6):519-525. doi: 10.5271/sjweh.3653
 13. Vasiliev AV. The analysis of noise characteristics of Tolyatti's residential territories. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii.* 2005;(4):20-23. (In Russ.)
 14. Vasilyev AV. Noise safety as a part of ecological safety of urban territories. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk.* 2014;16(1):299-305. (In Russ.)
 15. Guskov AA, Stepanov NA, Anokhin SA. Traffic noise research in Tambov city. *Vestnik Sibirskogo Gosudarstvennogo Avtomobil'no-Dorozhnogo Universiteta.* 2021;18(5(81)):554-564. (In Russ.) doi: 10.26518/2071-7296-2021-18-5-554-564
 16. Koshurnikov DN, Maksimova EV. Review of foreign and domestic practices of noise mapping in dense urban areas. *Vestnik Permskogo Natsional'nogo Issledovatel'skogo Politehnicheskogo Universiteta. Prikladnaya Ekologiya. Urbanistika.* 2018;(3(31)):27-43. doi: 10.15593/2409-5125/2018.03.03
 17. Podkolzin PL, Prelikova EA. [The role of the noise map in creating a comfortable living environment.] In: *Security Issues (Security 2020): Proceedings of the Second International Scientific and Practical Conference, Ufa, April 8, 2020.* Ufa: Ufa State Aviation Technical University Publ.; 2020:238–241. (In Russ.)
 18. Tsai K-T, Lin M-D, Chen Y-H. Noise mapping in urban environments: A Taiwan Study. *Applied Acoustics.* 2009;70(7):964-972. doi: 10.1016/j.apacoust.2008.11.001
 19. Law CW, Lee CK, Lui ASW, Yeung MKL, Lam KC. Advancement of three-dimensional noise mapping in Hong Kong. *Appl Acoust.* 2011;72(1):534-543. doi: 10.1016/j.apacoust.2011.02.003
 20. Semeykin AYU. Assessment of the noise situation of urban environment in certain districts of Belgorod. *Vestnik Belgorodskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta im. V.G. Shukhova.* 2017;2(9):56-60. doi: 10.12737/article_59a93b0921c674.33606701
 21. Klepikov OV, Styopkin YuI, Khorpyakova TV. Traffic noise in the city and the associated risk to public health. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya.* 2018;(3):50-55. (In Russ.)
 22. Ivanova IL, Zhigayev DS, Kisilitsyna LV, Vazhenina AA, Trankovskaya LV. Hygienic evaluation noise pollution of Vladivostok. *Zdorov'e. Meditsinskaya Ekologiya. Nauka.* 2019;(2(78)):9-13. doi: 10.5281/zenodo.3262050
 23. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(3):519. doi: 10.3390/ijerph15030519
 24. Koshurnikov D. Acoustic modeling for the tasks of hygienic assessment of the urban environment. *Akustika.* 2019;34:37-41.
 25. Zaitseva N, May I, Koshurnikov D, Balashov S. Evolution of the health disorders risk in the population under development of urbanized territories. *Akustika.* 2021;39:201-206. doi: 10.36336/akustika202139199

References

1. Pyko AV, Mukalova OA, Pyko AA. [The effect of transport noise and air pollution on metabolic and cardiovascular incidence and mortality.] *Neotlozhnaya Kardiologiya i Kardiovaskulyarnye Riski.* 2018;2(1):270-279. (In Russ.)
2. Vasilyev AV. 2015 Noise as a factor of ecological risk in conditions of urban territories. *Noise Theory and Practice.* 2015;1(2(2)):27-40. (In Russ.)
3. Shishelova TI, Malygina YuS, Nguyen XD. [Influence of noise on the human organism.] *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya.* 2009;(8(Suppl)):14-15. (In Russ.)



Методический подход к оценке источников и путей поступления стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в пресноводные объекты

Г.М. Чуйко¹, В.В. Законнов¹, Е.С. Бродский², А.А. Шелепчиков²

¹ ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина» РАН, д. 109, п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Российская Федерация

² ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН, Ленинский пр., д. 33, г. Москва, 119071, Российская Федерация

Резюме

Введение. Актуальная проблема водной экотоксикологии – глобальное загрязнение водной среды стойкими загрязняющими веществами (СОЗ), являющимися опасными экотоксикантами. Они продолжают присутствовать в окружающей среде, несмотря на запрет их производства и применения в большинстве развитых стран. Опасность СОЗ для человека и животных зависит от времени их нахождения в окружающей среде (свежее или длительное) и путей поступления в водный объект (локальный точечный или диффузный атмосферный источники).

Цель исследования: определить количественный и качественный состав разных групп СОЗ (ПХБ, ДДТ, ГХЦГ) в донных отложениях (ДО) некоторых пресноводных объектов РФ и на основе полученных данных предложить методический подход для определения источников и путей их поступления.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2006–2018 гг. на 13 водных объектах четырех морфогидрологических типов: крупные проточные водохранилища, крупные озера, мелкие болотные озера и эстуарии рек. Пробы ДО (86 шт.) отбирались с поверхностного горизонта 0–5 см. Содержания СОЗ определяли в сушевоздушных образцах ДО методом хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения.

Результаты. Установлено, что в большинстве случаев СОЗ в исследованные пресноводные объекты поступают с атмосферными осадками. Об этом свидетельствуют трансформированные в сторону дехлорирования спектры их качественного состава в ДО относительно исходных коммерческих продуктов, равномерный характер пространственного распределения и низкое содержание. Однако в некоторых водных объектах до сих пор существуют источники свежего локального поступления СОЗ. На это указывает нетрансформированный спектр их качественного состава и градиентный характер их пространственного распределения наряду с высокими концентрациями.

Заключение. Для установления путей поступления СОЗ в водные объекты необходимо: использовать верхний слой илистых ДО; оценить суммарное содержание каждого вещества и отдельно составляющих ее компонентов (гомологические группы, метаболиты, изомеры); определить характер пространственного распределения соединений по акватории.

Ключевые слова: СОЗ, донные отложения, пресноводные объекты, пути поступления.

Для цитирования: Чуйко Г.М., Законнов В.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А. Методический подход к оценке источников и путей поступления стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в пресноводные объекты // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 33–39. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-33-39>

Сведения об авторах:

✉ Чуйко Григорий Михайлович – д.б.н., заведующий лабораторией физиологии и токсикологии водных животных, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина» РАН; e-mail: gchuiko@ibiw.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-7073>.

Законнов Виктор Васильевич – д.г.н., ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрохимии ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина» РАН; e-mail: zak@ibiw.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-6108>.

Бродский Ефим Соломонович – д.х.н., заведующий лабораторией аналитической экотоксикологии, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН; e-mail: eco-analit@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-9840>.

Шелепчиков Андрей Александрович – к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории аналитической экотоксикологии ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН; e-mail: eco-analit@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6108-0409>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Чуйко Г.М.; сбор данных: Чуйко Г.М., Законнов В.В.; анализ и интерпретация результатов: Чуйко Г.М., Законнов В.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А.; литературный обзор: Чуйко Г.М.; подготовка рукописи: Чуйко Г.М. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании локального этического комитета ИБВВ РАН (Протокол № 1 от 08.12.2020).

Финансирование: работа выполнена в рамках плановой темы № 121050500046-8, при частичной поддержке грантов РФФИ (№ 08-05-00805, 12-05-00572) и приоритетного проекта «Оздоровление Волги» по теме № г.р. АААА-А18-118052590015-9.

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

Статья получена: 27.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

A Methodological Approach to Assessing Sources and Pathways for Persistent Organic Pollutants in Freshwater Bodies

Grigori M. Chuiko,¹ Viktor V. Zakonnov,¹ Efim S. Brodsky,² Andrey A. Shelepchikov²

¹ I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, 109 Borok Village, Nekouzsky District, Yaroslavl Region, 152742, Russian Federation

² A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, 33 Leninsky Avenue, Moscow, 119071, Russian Federation

Summary

Introduction: An urgent problem of aquatic ecotoxicology is the global pollution of the aquatic environment with hazardous persistent organic pollutants (POPs). They persist in the environment despite the ban on their production and use in most industrialized countries. The danger of POPs for humans and animals depends on duration of their stay in the environment (short- or long-term) and pathways into the water body (from local point or diffuse atmospheric sources).

Objective: To determine the quantitative and qualitative composition of different groups of POPs (PCBs, DDT, HCH) in bottom sediments of some freshwater bodies of the Russian Federation and propose a methodological approach to determining pollutant sources and pathways.

Materials and methods: The study was conducted in 2006–2018 at 13 water bodies of four morphological and hydrological types: large circulating water reservoirs, large lakes, small marsh lakes, and river estuaries. 86 samples of bottom sediments were taken from the surface horizon of 0 to 5 cm. POP concentrations were measured in the air-dried samples by high resolution gas chromatography/mass spectrometry.

Results: The analysis showed that, in most cases, POPs entered the studied freshwater bodies with precipitation. That was evidenced by the spectra of their qualitative composition transformed towards dechlorination compared to the initial commercial products, even spatial distribution, and a low content. We found, however, that POPs still get into some water bodies from industrial sources, as shown by the unchanged spectrum of their qualitative composition relative to the initial commercial products, gradient spatial distribution, and high concentrations.

Conclusions: To establish the main pathways for POPs to get into water bodies, it is necessary to analyze the upper layer of silty bottom sediments, evaluate the total content of each pollutant and its individual components (homologous groups, metabolites, isomers), and determine spatial distribution of compounds in the water area.

Keywords: POPs, bottom sediments, freshwater bodies, pollutant pathway.

For citation: Chuiko GM, Zakonov VV, Brodsky ES, Shelepchikov AA. A methodological approach to assessing sources and pathways for persistent organic pollutants in freshwater bodies. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):33–39. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-33-39>

Author information:

✉ Grigoriy M. Chuiko, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Chief Researcher, I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters; e-mail: gchuiko@ibiw.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-7073>.

Viktor V. Zakonov, Dr. Sci. (Geogr.), Leading Researcher, Laboratory of Hydrology and Hydrochemistry, I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters; e-mail: zak@ibiw.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-6108>.

Efim S. Brodsky, Dr. Sci. (Chem.), Head of the Laboratory of Analytical Ecotoxicology, Chief Researcher, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution; e-mail: eco-analit@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-9840>.

Andrey A. Shelepchikov, Cand. Sci. (Chem.), Leading Researcher, Laboratory of Analytical Ecotoxicology, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution; e-mail: eco-analit@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6108-0409>

Author contributions: study conception and design: Chuiko G.M.; data collection: Chuiko G.M., Zakonov V.V.; analysis and interpretation of the results: Chuiko G.M., Zakonov V.V., Brodsky E.S., Shelepchikov A.A.; literature review: Chuiko G.M.; draft manuscript preparation: Chuiko G.M. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Compliance with ethical standards: the study was approved at a meeting of the local ethics committee of the IBIW RAS (Protocol No.4 of 08.12.2020). Informed consent was obtained from all participants. Informed consent was obtained from all participants.

Funding: The work was carried out within the planned topic No.121050500046-8, with partial support from Russian Foundation for Basic Research grants (Nos. 00805-05-08 and 00572-05-12) and the Priority Volga Revival Project on the topic No. g/r AAAA-A18-118052590015-9.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 27, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Последние несколько десятилетий в экотоксикологии повышенный интерес уделяется группе стойких органических загрязнителей (СОЗ) или т. н. «грязной дюжине». СОЗ относятся к классу хлорорганических соединений и обладают рядом специфических физико-химических и биологических свойств, которые позволяют причислить их к особо опасным экотоксикантам. К ним относятся высокая стойкость к физическим, химическим и биологическим факторам, способность переноситься на далекие расстояния атмосферным и водным путями от места их поступления и связанная с этим глобальная распространенность в окружающей среде, крайне низкая растворимость в воде, высокая способность к биоаккумуляции за счет высокой липофильности, многократно возрастающая по мере продвижения по трофической сети (биомагнификация); способность оказывать токсическое действие на организмы в крайне малых дозах и вызывать отдаленные биологические эффекты [1–3].

В 2001 г. в Стокгольме была принята Глобальная международная конвенция о запрещении производства и использования СОЗ¹, которую подписала Россия в 2002 г. и после ратификации в 2011 г. стала одним из ее участников. К СОЗ относятся, в частности, такие широко известные группы химических веществ, как полихлорированные бифенилы (ПХБ), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты, гексахлорциклопексан (ГХЦП) и его изомеры, которые имеют широкое распространение в окружающей среде во всем мире, включая Россию [4].

Несмотря на то, что индустриально развитые страны в настоящее время прекратили производство и использование СОЗ, их до сих пор

обнаруживают в абиотических и биотических компонентах окружающей среды, где они продолжают циркулировать на глобальном уровне.

Вместе с тем в ряде регионов СОЗ до сих пор используются. В частности, в тропических странах Южной Африки, Южной Америки по рекомендации ВОЗ разрешено в исключительных случаях использовать ДДТ для борьбы с комарами, распространяющих такие тяжелые патологии, как малярия, лихорадка денге и лихорадка Зика, путем обработки им водных объектов.

Кроме того, возможно несанкционированное и неконтролируемое использование ХОП в слабо развитых странах, где отсутствует контроль за их содержанием в окружающей среде.

Все это делает поступление СОЗ во внешнюю среду и включение в глобальный атмосферный перенос актуальным [4–6].

Чтобы снизить уровень опасности СОЗ для окружающей среды и человека на современном этапе требуется организовать повсеместный мониторинг их пространственного распределения и решить задачу установления путей поступления и источников загрязнения ими водных объектов с целью дальнейшего его прекращения². Для решения этой задачи необходимо разделять свежее загрязнение СОЗ из локальных точечных источников и рассеянное, длительно циркулирующее в окружающей среде и выпадающее с атмосферными осадками с последующим терригенным склоновым стоком [4, 7].

Известно, что в окружающей среде каждый из СОЗ представляет собой смесь исходного вещества и продуктов его деградации с преобладанием первого. Попадая однажды в окружающую среду в виде коммерческого продукта, имеющего

¹ Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, 2001. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf (дата обращения: 10.08.2022 г.).

² Science for Environment Policy (2017). Persistent organic pollutants: towards a POPs-free future; Future Brief 19. Brief produced for the European Commission DG Environment. Bristol: Science Communication Unit, UWE. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/persistent_organic_pollutants_towards_pops_free_future_FB19_en.pdf (дата обращения: 10.08.2022 г.).

относительно постоянный качественный состав и токсические свойства, СОЗ могут значительное время циркулировать в ней без существенных изменений. Однако при более длительном нахождении во внешней среде представители разных СОЗ постепенно подвергаются трансформации, меняя свой состав и свойства в сторону увеличения доли продуктов деградации [7].

В водные объекты СОЗ могут поступать со сточными водами, путем терригенного стока с окружающих территорий и в результате атмосферных выпадений. Попадая в воду и будучи практически нерастворимы в ней, СОЗ быстро сорбируются на взвешенных органических и минеральных частицах и оседают на дно в зонах седиментации, накапливаясь в донных отложениях (ДО). По этой причине последние служат основным первичным звеном аккумуляции СОЗ во внутренних водных объектах [8–10]. Из ДО СОЗ поступают в бентосные организмы и далее по трофическим сетям передаются на их высшие уровни (рыбы, рыбоядные птицы, водные млекопитающие), включая человека [11–14]. В связи с вышеизложенным, объектом мониторинга СОЗ в водных объектах должны служить ДО, являющиеся местом их первичной аккумуляции и менее изменчивым компонентом водных экосистем. В России нормативы содержания СОЗ в ДО отсутствуют. Для разработки нормативов, организации экологического мониторинга и оценки экологического риска также необходимо классифицировать СОЗ по источникам поступления [4, 15].

Цель – определить количественный и качественный состав разных групп СОЗ (ПХБ, ДДТ, ГХЦГ) в ДО некоторых пресноводных объектов РФ и на основе полученных данных предложить методический подход для определения источников и путей их поступления.

Материалы и методы. Предметом исследования являлись 13 водных объектов четырех морфологических типов: большие проточные водохранилища, большие озера, малые болотные

озера и эстуарии рек, расположенные в разных географических зонах России (табл. 1).

Исследование проводилось в 2006–2018 гг. Для отбора ДО использовались дночерпатели Экмана – Берджи с площадью захвата 0,01 м² (с маломерного судна) или 0,025 м² (научно-экспедиционное судно большого тоннажа), позволяющие точно отбирать грунт с поверхностного горизонта 0–5 см [9], что дает возможность определять СОЗ, которые поступили в водный объект в недавнее время. Станции для отбора проб выбирались таким образом, чтобы обследовать всю площадь водного объекта, включая устьевые участки крупных притоков. Для анализа СОЗ на каждой станции в результате троекратного подъема дночерпателя получали объединенную пробу илистых ДО, обладающих высоким содержанием органического вещества и наибольшей аккумулирующей способностью в отношении СОЗ, из которой после перемешивания отбирали необходимую навеску. Всего было отобрано и проанализировано 86 проб.

Пробы ДО высушивали на воздухе до постоянной массы и определяли в них содержание СОЗ методом хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения (ХМС ВР) [16]. Анализы выполнялись в Лаборатории аналитической экотоксикологии ИПЭЭ РАН и в НПО «Тайфун». Определялись ДДТ и его метаболиты (ДДЕ, ДДД), α -, β - и γ -изомеры ГХЦГ, а также суммарное содержание гомологических групп конгенов ПХБ (1–10-хлорированные) [4].

Содержание СОЗ выражали в микрограммах на 1 кг сухой массы ДО (мкг/кг). Для оценки качественного состава ПХБ рассчитывали соотношение гомологических групп в пробе, для ХОП – коэффициенты $K = \text{ДДТ}/(\text{ДДЕ} + \text{ДДД})$ и $K = \gamma\text{-ГХЦГ}/(\alpha\text{-ГХЦГ} + \beta\text{-ГХЦГ})$ [4].

Результаты. При анализе источников поступления СОЗ в водные объекты исходили из факта, что каждый из них представляет смеси близких по структуре и химическому составу соединений, высокоустойчивых к действию внешних

Таблица 1. Характеристика исследованных водных объектов

Table 1. Characteristics of the studied water bodies

Водный объект / Water body	Тип / Type	Область, край / Region, territory	Кол-во станций / Number of stations
Рыбинское водохр. / Rybinsk Reservoir	Озерный / Lacustrine	Ярославская, Вологодская, Тверская / Yaroslavl, Vologda, Tver	32
Горьковское водохр. / Gorky Reservoir	Долинно-русловой / Valley and channel	Ярославская, Костромская, Ивановская, Нижегородская / Yaroslavl, Kostroma, Ivanovo, Nizhny Novgorod	33
оз. Неро / Nero Lake	Большое проточное / Large circulating water	Ярославская / Yaroslavl	6
оз. Плещеево / Pleshcheevo Lake	Большое проточное / Large circulating water	Ярославская / Yaroslavl	2
оз. Воже / Vozhe Lake	Большое проточное / Large circulating water	Вологодская / Vologda	5
оз. Лача / Lacha Lake	Большое проточное / Large circulating water	Архангельская / Arkhangelsk	5
оз. Алексеевское / Alekseevskoe Lake	Малое болотное / Small swamp	Вологодская / Vologda	1
оз. Кишемское / Kishemskoe Lake	Малое болотное / Small swamp	Вологодская / Vologda	1
оз. Панское / Panskoe Lake	Малое болотное / Small swamp	Вологодская / Vologda	1
оз. Трабильское / Trabilovskoe Lake	Малое болотное / Small swamp	Вологодская / Vologda	1
р. Раздольная / Razdol'naya River	Эстуарий / Estuary	Приморский / Primorsky	2
р. Суходол / Suhodol River	Эстуарий / Estuary	Приморский / Primorsky	1
р. Гладкая / Gladkaya River	Эстуарий / Estuary	Приморский / Primorsky	1

факторов. При локальном свежем поступлении их состав достаточно долгое время остается близким к исходному, т. к. медленно трансформируется в сторону увеличения содержания продуктов деградации, а пространственное распределение имеет характер постепенно снижающегося градиента суммарного содержания смеси без изменения ее состава. При поступлении с атмосферными осадками, когда исходное вещество достаточно долго циркулировало в окружающей среде и состав смеси подвергся существенной трансформации в сторону увеличения продуктов деградации, пространственное распределение носит рассеянный равномерный характер, а суммарное содержание смеси ниже, чем при локальном поступлении и близко к глобальным фоновым уровням.

Полученные результаты показывают, что СОЗ присутствуют в ДО во всех исследованных водных объектах, но отличаются по содержанию и качественному составу (табл. 2). Так, ПХБ в наибольшем количестве присутствуют в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища вблизи г. Череповца и на некотором расстоянии от него вниз по течению. При этом спектр гомологических групп ПХБ на этом участке близок к спектру коммерческих продуктов Совол и Aroclor 1254. Аналогичная картина наблюдается в двух точках Горьковского водохранилища: ниже г. Ярославля и ниже г. Кинешмы. На остальных участках обоих водохранилищ и всех остальных водных объектах содержание ПХБ сопоставимо или ниже, чем в Центральном плесе Рыбинского водохранилища, но спектр их гомологических групп смещен в сторону низкохлорированных конгенов.

Установлено, что суммарное содержание ХОП в малых озерах, озере Плещеево и в реках Дальнего Востока РФ в целом выше, чем в остальных исследованных водных объектах. ДДТ в наибольших количествах присутствуют в ДО реки Раздольной и чуть в меньших — в двух других исследованных дальневосточных реках и в двух малых озерах Вологодской области (Панское, Кишемское). При этом в составе ДО рек и малых озер ДДТ значительно преобладает по сравнению с продуктами его трансформации ($K = 2,2-2,6$), а на озере Плещеево наоборот доминируют продукты разложения ДДТ ($K = 0,03$).

Содержание ГХЦГ наиболее высокое в малых озерах, озере Плещеево и в Горьковском водохранилище. При этом в его составе преобладают продукты метаболической трансформации исходного вещества. В дальневосточных реках содержание ГХЦГ относительно низкое, но в его составе преобладает коммерческий продукт (γ -изомер или линдан). В остальных исследованных водных объектах ХОП присутствуют в существенно меньших количествах, и продукты метаболической деградации преобладают в их составе относительно исходного коммерческого вещества.

Представленные результаты позволяют сформулировать суть предлагаемого методологического подхода, который заключается: 1) в количественном и качественном определении каждой группы СОЗ в верхнем слое (0–5 см) ДО с содержанием органического вещества не менее 10 % общей массы; 2) анализе соотношения гомологических групп в составе ПХБ или исходного вещества и продуктов его трансформации для ХОП; 3) определении качественного и количественного

Таблица 2. Качественный состав и содержание СОЗ и их компонентов в донных отложениях водных объектов*

Table 2. The qualitative composition and levels of POPs and their components in bottom sediments of water bodies*

Водный объект / Water body	ΣПХБ / ΣPCB		ΣДДТ / ΣDDT		ΣГХЦГ / ΣHCH	
	C, мкг/кг / C, µg/kg	Соотношение / Ratio, %**	C, мкг/кг / C, µg/kg	K	C, мкг/кг / C, µg/kg	K
Рыбинское в-ще / Rybinsk Reservoir: **						
Шекснинский плес / Sheksna Reach	79–57300	1:16:55:25:3	2,7–27	< 0,1	0,2–0,8	< 0,1
Центральный плес / Central Reach	19–370	5:37:44:12:2	0,3–1,3	< 0,1	0,2	< 0,1
Волжский плес / Volga Reach	19–44	15:40:35: 10:1	2–5	< 0,1	0,4–2,7	0,4–0,8
Моложский плес / Mologa Reach	24–47	6:46:40: 7:1	0,01–2	< 0,1	0,01–0,11	< 0,1
Горьковское в-ще / Gorky Reservoir:						
Русловый участок / Channel section	18–56	21:29:32:18:0	2–5	0,01–0,26	1,3–1,9	0,01–0,26
Озерно-русловой участок / Lake and channel section	141–286	5:15:48:28:4	1–11	0,17–0,39	2,2–8,4	0,04–0,77
Озерный участок / Lake section	18–85	12:24:41:21:2	7–26	0,01–0,25	1,3–7,3	0,21–0,24
Оз. Неро / Nero Lake	13–28	18:33:33:15:1	1,8–5,3	0,11–0,18	0,39–1,30	0,28–0,35
Оз. Плещеево / Pleshcheevo Lake	27	8:33:44:12:3	4	0,03	9,7	0,04
Оз. Воже / Vozhe Lake	4–9	4:42:38:15:1	0,24–0,70	0,5–0,9	0,17–0,39	0,7–1,9
Оз. Лача / Lacha Lake	18–21	4:39:39:17:1	0,17–1,64	0,1–1,2	0,26–0,42	1,0–1,5
Оз. Алексеевское / Alekseevskoe Lake	158	7:33:48:11:1	7,0	0,8	5,8	0,4
Оз. Кишемское / Kishemskoe Lake	363	9:31:47:11:2	11,2	1,2	10,6	0,46
Оз. Панское / Panskoe Lake	250	15:27:34:14:10	5,6	4,0	7,5	0,74
Оз. Трабильское / Trabilovskoe Lake	168	8:25:41:20:6	5,1	0,4	9,1	0,37
Р. Раздольная / Razdol'naya River****	17–33	7:36:46:10:1	40,5–44,7	2,8–3,3	2,0–2,2	2,2–2,6
Р. Суходол / Sukhodol River****	12	2:27:59:12:1	12,9	2,1	0,4	2,3
Р. Гладкая / Gladkaya River****	7	16:32:44: 9:1	6,3	1,3	0,5	3,0
Арохлор 1254 / Aroclor 1254		1:16:57:25:1		–		–
Совол / Sovol		1:23:53:22:1		–		–

Примечание: * – таблица взята из [4]; ** – соотношение гомологических групп 3ХБ:4ХБ:5ХБ:6ХБ:7ХБ, % от суммарного содержания ПХБ; *** – более детально данные представлены в [9]; **** – более детально данные представлены в [17].

Notes: * the table is quoted from [4]; ** the ratio of homologous groups 3CB:4CB:5CB:6CB:7CB, % of total PCBs; *** the data are presented in detail in [9]; **** the data are presented in detail in [17].

характера пространственного распределения разных групп СОЗ по акватории водного объекта.

Обсуждение. Обладая высокой гидрофобностью, СОЗ практически не растворяются в воде, присутствуя в водной среде в нано- или пикограммовых концентрациях. Поступая в водные объекты, они быстро сорбируются на взвешенных частицах. С ними СОЗ переносятся течением на разные расстояния и оседают на дно, аккумулируясь в ДО в зонах повышенной седиментации. Максимальной способностью аккумулировать СОЗ обладают илистые ДО с относительно высоким содержанием органического вещества (ОВ) $\geq 10\%$. В донных грунтах с более низким содержанием ОВ (в основном это песчанистые и песчано-галечные) даже при наличии близко расположенного локального источника поступления аккумуляция СОЗ фактически отсутствует [4, 18].

Количественное содержание и качественный состав СОЗ в поверхностном (0–5 см) горизонте ДО наиболее точно отражают их текущее поступление в водный объект за последние 1–3 года независимо от его пути, когда они еще не успели подвергнуться метаболической трансформации. В более глубоких горизонтах присутствуют СОЗ, поступившие в водный объект значительно раньше. Дальнейшая судьба СОЗ в водном объекте связана с их захоронением в ДО, с одной стороны, и с их миграцией по трофическим сетям, испарением и глобальным атмосферным переносом – с другой. При захоронении в ДО на горизонте свыше 20 см миграция СОЗ по трофическим сетям практически исключена в связи с отсутствием гидробионтов на этих глубинах. На горизонтах свыше 20 см СОЗ, как правило, находятся в анаэробных условиях и медленно подвергаются микробиологическому редуктивному дехлорированию [4].

Например, для ПХБ известно, что период полураспада их конгенов в окружающей среде находится в обратной зависимости от степени их хлорирования и составляет для воздуха от 1 недели до 6 лет, для воды – от 8 месяцев до 6 лет, для почвы и донных отложений – от 2 до 6 лет. [3]. В связи с высокой устойчивостью ПХБ к действию абиотических факторов основную роль в их трансформации в водоемах играют процессы микробиологической деградации. Существует два основных типа микробиологического разложения ПХБ: аэробное (окислительное) разложение и анаэробное (восстановительное) дехлорирование. Первому процессу, происходящему в верхних слоях и на поверхностной пленке ДО, подвергаются, в основном, низкохлорированные конгенеры. В результате в среде накапливаются высокохлорированные конгенеры. Второй процесс происходит в более глубоких слоях ДО и направлен на восстановительное дехлорирование высокохлорированных конгенов, из-за чего в профиле ПХБ начинают преобладать низкохлорированные конгенеры. В дальнейшем они могут подвергаться аэробной деградации. Начиная с 4- и 5-хлорированных конгенов и выше, ПХБ практически не поддаются биологической деградации. Аналогичные процессы трансформации отмечены и для других СОЗ.

Анализ полученных результатов, проведенный в этом исследовании, и опубликованных ранее [4] показывает, что в последние годы атмосферные осадки в большинстве случаев являются основным

путем поступления СОЗ в исследованные водные объекты. Об этом свидетельствует уменьшение в верхних слоях ДО содержания высокохлорированных гомологических групп в профиле ПХБ и увеличение содержания продуктов метаболической трансформации ДДТ и ГХЦГ ($K < 1$) относительно исходных коммерческих продуктов, наряду с их равномерным пространственным распределением по акватории.

Анализ отдельных групп СОЗ показывает, что Шекснинский плес Рыбинского и озерно-русловой участок Горьковского водохранилища, а также реки Суходол характеризуется наличием локальных источников поступления ПХБ. Доказательством этого служит малоизмененный профиль гомологических групп ПХБ по сравнению с коммерческими смесями Aroclor 1254 и Совол, которые чаще всего использовались в СССР и затем в РФ, а также градиентный характер их пространственного распределения и высокие уровни в ДО водных объектов [4].

Можно предположить, что адсорбированная на взвешенном веществе коммерческая смесь ПХБ из локального источника поступает в водный объект. Далее взвешенные частицы переносятся вниз по течению, постепенно оседая на дно. Причем большая часть крупных взвешенных частиц оседает в начале транспортировки. Поэтому в ДО преобладает доля ПХБ с непреобразованным профилем. По мере удаления от локального источника поступления концентрация взвешенного вещества в воде и, как следствие, доля ПХБ с нетрансформированным профилем в ДО снижается. Еще ниже по течению содержание ПХБ в ДО, поступающих из этого источника, становится сравнимым или меньшим относительно содержания смеси ПХБ, поступившей в водоем с атмосферными осадками. Поскольку «атмосферная» смесь ПХБ уже значительно трансформирована в сторону дехлорирования из-за многолетней глобальной циркуляции в окружающей среде, суммарный состав ПХБ будет отличаться от профиля коммерческой смеси из локального источника. Количественное соотношение этих двух типов смесей определяет в итоге суммарный профиль гомологических групп ПХБ в ДО на той или иной части водоема. Если большую долю составляют гомологические группы 5-ХБ и с более высокой степенью хлорирования, то коммерческая смесь из местных источников формирует профиль ПХБ в ДО. Если преобладает доля 4-ХБ и менее хлорированных, то профиль ПХБ в ДО формируется за счет атмосферных осадков и терригенного стока с водосбора. Похожий, но несколько отличающийся подход ранее использовался для выявления источников поступления ПХБ в водный объект [19] и при оценке источников загрязнения ПХБ воздушного пространства на различных территориях [15, 20].

Следует особо отметить, что в малых озерах и в Центральном плесе Рыбинского водохранилища загрязнение ДО ПХБ имеет особый характер: здесь нет расположенных рядом локальных источников их поступления, но при этом их содержание относительно высокое, хотя профиль заметно смещен в сторону повышения в нем доли низкохлорированных гомологических групп. Одним из объяснений данного феномена может быть концентрирование ПХБ с трансформированным профилем из атмосферных осадков в относительно

небольшом малом озере при их поступлении с больших водосборных площадей. В большом по площади акватории Рыбинском водохранилище такое концентрирование наблюдается лишь на небольшом, наиболее глубоководном озерном участке Центрального плеса, куда поступают водные массы с остальных плесов и где происходит их смешение, в результате чего наблюдается замедление течений и процессы седиментации взвешенного вещества идут здесь наиболее активно. Вместе со взвесями в ДО накапливаются и СОЗ с трансформированным профилем, поступившие в водохранилище с выпавшими на акваторию и прилегающие к нему водосборные территории атмосферными осадками.

Для ХОП выявлены сходные закономерности. Так, превышение исходного продукта ДДТ относительно его метаболитов ($K > 1$) наблюдается в эстуариях исследованных рек Дальнего Востока, что позволяет говорить о наличии в их верхнем течении существующих до настоящего времени локальных источников поступления этого пестицида в водный объект. Такая же картина наблюдается в двух малых озерах Вологодской области, Панском и Кишемском, и одном крупном озере Лача в Архангельской области. Что также указывает на существование локальных источников ДДТ, расположенных вблизи акватории этих озер.

Для ГХЦГ относительно высокое содержание его γ -изомера, являющегося исходным коммерческим продуктом (коммерческое название линдан), по сравнению с другими изомерами, образующимися в результате его метаболической трансформации, обнаружено в эстуариях рек Раздольная, Гладкая и Суходол на Дальнем Востоке и двух крупных озерах Воже (Архангельская обл.) и Лача (Вологодская обл.). Следует подчеркнуть, что особенностью исследованных водных объектов является более высокое суммарное содержание ХОП в малых озерах Вологодской области и в реках Дальнего Востока по сравнению с водохранилищами и большими озерами. Причины этого, видимо, разные. В малых озерах это связано с концентрированием в них ХОП «атмосферного» происхождения аналогично ПХБ, а в дальневосточных реках – с их текущим использованием в качестве пестицидов [17].

Сравнение долей исследованных групп СОЗ в их суммарном содержании в ДО водных объектов, полученных разными исследователями, показывает, что ПХБ преобладают в европейской части РФ [9, 18, 21] и Юго-Западной Сибири [22], а в дальневосточном регионе доли всех СОЗ близки или у ХОП они выше [17]. Все это свидетельствует о разной антропогенной нагрузке и путях ее поступления в исследованные водные объекты в этих регионах как с количественной, так и с качественной точки зрения.

Заключение. Таким образом, проведенное исследование показывает, что предложенный методологический подход может успешно применяться для установления путей поступления СОЗ в водные объекты. При этом необходимым условием его использования являются следующие требования: а) отбор верхнего слоя (0–5 см) ДО; б) отбор илистых ДО с содержанием органического вещества не менее 10 % общей массы; в) определение для каждой группы (ПХБ, ДДТ, ГХЦГ) общего суммарного содержания входящих в нее соединений и отдельно исходного вещества и продуктов его трансформации (соответственно

гомологические группы ПХБ, ДДТ и его метаболиты, изомеры ГХЦГ); г) определение качественного и количественного характера пространственного распределения разных групп СОЗ по акватории водного объекта.

Работа выполнена в рамках плановой темы № г/р 121050500046-8, при частичной поддержке грантов РФФИ (№ 08-05-00805, 12-05-00572) и приоритетного проекта «Оздоровление Волги» по теме № г.р. АААА-А18-118052590015-9.

Список литературы

1. Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Химические и экологические аспекты стойких органических загрязняющих веществ: учеб. пособие; издание 2-е, исправленное, дополненное. Владивосток: Морской государственный университет им. адмирала Г.И. Невельского, 2015. 119 с.
2. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: ВИНМ, 2004. 323 с.
3. Urbaniak M. Polychlorinated biphenyls: Sources, distribution and transformation in the environment – A literature review. *Acta Toxicologica*. 2007;15(2):83–93.
4. Чуйко Г.М. Методологический подход при определении районов водных объектов, загрязненных СОЗ (ПХБ, ДДТ, ГХЦГ) из организованных локальных стоков и рассеянных источников // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 27–30 мая 2021 года. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. С. 387–392.
5. PCB in the Russian Federation: Inventory and Proposals for Priority Remedial Actions. Executive Summary of the report of Phase 1: Evaluation of the Current Status of the Problem with Respect to Environmental Impact and Development of Proposals for Priority Remedial Actions of the Multilateral Cooperation Project on Phase-out of PCB Use, and Management of PCB-contaminated Wastes in the Russian Federation. AMAP Report 2000:3. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. Accessed October 1, 2022. <http://hdl.handle.net/11374/723>
6. Speranskaya O, Tsitser O. Russian Federation Country Situation Report: Persistent Organic Pollutants: Review of the Situation in Russia. English Summary. IPEP. 2004:10. Accessed October 1, 2022. https://ipen.org/sites/default/files/documents/4rus_russia_country_situation_report_summary-en.pdf
7. Чуйко Г.М. Современный подход для определения районов водных объектов, загрязненных СОЗ (ПХБ, ДДТ и его метаболиты, изомеры ГХЦГ) из организованных локальных стоков и неорганизованных диффузных источников // Международная конференция «Пресноводные экосистемы – современные вызовы». Иркутск, 10–14 сентября, 2018 года: Тезисы докладов и стенограмм сообщений / Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. С. 125.
8. Tili K, Labadie P, Alliot F, Bourges C, Desportes A, Chevreuil M. Influence of hydrological parameters on organohalogenated micropollutant (polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls) behaviour in the Seine (France). *Arch Environ Contam Toxicol*. 2012;62(4):570–578. doi: 10.1007/s00244-011-9734-3
9. Чуйко Г.М., Законнов В.В., Морозов А.А. Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б. Пространственное распределение и качественный состав полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) в донных отложениях и леще (*Abramis brama* L.) Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод. 2010. № 2. С. 98–108.
10. Li Y, Jiang T, Jing L, Ni L, Hua J, Chen Y. Characteristics and risk assessment of PCBs in drinking water source reservoirs of the Zhoushan Islands, East China. *Lake Reserv Manag*. 2014;30(3):273–284. doi: 10.1080/10402381.2014.924606
11. Burkhard LP, Mount DR, Highland TL, et al. Evaluation of PCB bioaccumulation by *Lumbriculus variegatus* in field-collected sediments. *Environ Toxicol Chem*. 2013;32(7):1495–1503. doi: 10.1002/etc.2207

12. Yu J, Wang T, Han S, Wang P, Zhang Q, Jiang G. Distribution of polychlorinated biphenyls in an urban riparian zone affected by wastewater treatment plant effluent and the transfer to terrestrial compartment by invertebrates. *Sci Total Environ.* 2013;463–464:252–257. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.006
13. You J, Landrum PF, Trimble TA, Lydy MJ. Availability of polychlorinated biphenyls in field-contaminated sediments. *Environ Toxicol Chem.* 2007;26(9):1940–1948. doi: 10.1897/07-029R.1
14. Chuiko GM, Tomilina II, Brodsky ES, et al. Accumulation of polychlorinated biphenyls (PCB) associated with bottom sediments in larvae of *Chironomus riparius* Meigen. *Limnologia.* 2021;90:125912. doi: 10.1016/j.limno.2021.125912
15. Hogarh JN, Seike N, Kobara Y, Carboo D, Fobil JN, Masunaga S. Source characterization and risk of exposure to atmospheric polychlorinated biphenyls (PCBs) in Ghana. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2018;25(17):16316–16324. doi: 10.1007/s11356-018-2090-3
16. Шелепчиков А.А., Бродский Е.С., Жильников В.Г., Фешин Д.Б. Определение полихлорированных бифенилов и пестицидов в объектах окружающей среды и биоматериалах методом хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения // Масс-спектрометрия. 2008. Т. 5. № 4. С. 245–258.
17. Лукьянова О.Н., Бродский Е.С., Чуйко Г.М. Стойкие органические загрязняющие вещества в донных отложениях эстуарных зон трех рек залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ТЮмГУ. 2012. № 12. С. 119–126.
18. Герман А.В., Законнов В.В. Аккумуляция полихлорированных бифенилов в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. № 5. С. 571–575.
19. Jin R, Park S-U, Park J-E, Kim J-G. Polychlorinated biphenyl congeners in river sediments: Distribution and source identification using multivariate factor analysis. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2012;62(3):411–423. doi: 10.1007/s00244-011-9722-7
20. Uraki Y, Suzuki S, Yasuhara A, Shibamoto T. Determining sources of atmospheric polychlorinated biphenyls based on their fracturing concentrations and congener compositions. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2004;39(11-12):2755–2777. doi: 10.1081/ESE-200033689
21. Островская Е.В., Асаева К.И., Коршенко А.Н. и др. Загрязнение донных отложений Северо-Западной части Каспийского моря углеводородами и стойкими органическими загрязнителями // Юг России: экология, развитие. География и геоэкология. № 4, 2014. С. 229–231.
22. Ширапова Г.С., Батоев В.Б., Вялков А.И. и др. Геоэкологическая оценка загрязнения озера Гусинского стойкими органическими загрязнителями // Вестник Бурятского государственного университета. 2012. № S2. С. 280–283.
6. Speranskaya O, Tsitser O. Russian Federation Country Situation Report: Persistent Organic Pollutants: Review of the Situation in Russia. English Summary. IPEP. 2004:10. Accessed October 1, 2022. https://ipen.org/sites/default/files/documents/4rus_russia_country_situation_report_summary-en.pdf
7. Chuiko GM. [Modern approach for the determination of areas of water bodies contaminated with POPs (PCB, DDT and its metabolites, HCCH isomers) from organized local sources and diffusive runoff.] In: *Freshwater Ecosystems – Key Problems: Proceedings of the International Conference, Irkutsk, September 10–14, 2018.* Irkutsk: Megaprint Publ.; 2018:125. (In Russ.)
8. Tilili K, Labadie P, Alliot F, Bourges C, Desportes A, Chevreuil M. Influence of hydrological parameters on organohalogenated micropollutant (polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls) behaviour in the Seine (France). *Arch Environ Contam Toxicol.* 2012;62(4):570–578. doi: 10.1007/s00244-011-9734-3
9. Chuiko GM, Zakonnov VV, Morozov AA, Brodskii ES, Shelepchikov AA, Feshin DB. Spatial distribution and qualitative composition of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in the bottom sediments and bream (*Abramis brama* L.) from the Rybinsk Reservoir. *Inland Water Biology.* 2010;3(2):193–202.
10. Li Y, Jiang T, Jing L, Ni L, Hua J, Chen Y. Characteristics and risk assessment of PCBs in drinking water source reservoirs of the Zhoushan Islands, East China. *Lake Reserv Manag.* 2014;30(3):273–284. doi: 10.1080/10402381.2014.924606
11. Burkhard LP, Mount DR, Highland TL, et al. Evaluation of PCB bioaccumulation by *Lumbriculus variegatus* in field-collected sediments. *Environ Toxicol Chem.* 2013;32(7):1495–1503. doi: 10.1002/etc.2207
12. Yu J, Wang T, Han S, Wang P, Zhang Q, Jiang G. Distribution of polychlorinated biphenyls in an urban riparian zone affected by wastewater treatment plant effluent and the transfer to terrestrial compartment by invertebrates. *Sci Total Environ.* 2013;463–464:252–257. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.006
13. You J, Landrum PF, Trimble TA, Lydy MJ. Availability of polychlorinated biphenyls in field-contaminated sediments. *Environ Toxicol Chem.* 2007;26(9):1940–1948. doi: 10.1897/07-029R.1
14. Chuiko GM, Tomilina II, Brodsky ES, et al. Accumulation of polychlorinated biphenyls (PCB) associated with bottom sediments in larvae of *Chironomus riparius* Meigen. *Limnologia.* 2021;90:125912. doi: 10.1016/j.limno.2021.125912
15. Hogarh JN, Seike N, Kobara Y, Carboo D, Fobil JN, Masunaga S. Source characterization and risk of exposure to atmospheric polychlorinated biphenyls (PCBs) in Ghana. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2018;25(17):16316–16324. doi: 10.1007/s11356-018-2090-3
16. Shelepchikov AA, Brodsky ES, Jilnikov VG, Feshin DB. Determination of polychlorinated biphenyls and pesticides in the environment and biomaterials by gas chromatography/high resolution mass spectrometry. *Mass-Spectrometriya.* 2008;5(4):245–258. (In Russ.)
17. Lukyanova ON, Brodskiy ES, Chuiko GM. Persistent organic pollutants in the benthic deposits of the estuarine zones of three rivers in Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2012;(12):108–115. (In Russ.)
18. German AV, Zakonnov VV. Accumulation of polychlorinated biphenyls in the Shkshinskii Pool of the Rybinsk Reservoir. *Vodnye Resursy.* 2003;30(5):524–528.
19. Jin R, Park S-U, Park J-E, Kim J-G. Polychlorinated biphenyl congeners in river sediments: Distribution and source identification using multivariate factor analysis. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2012;62(3):411–423. doi: 10.1007/s00244-011-9722-7
20. Uraki Y, Suzuki S, Yasuhara A, Shibamoto T. Determining sources of atmospheric polychlorinated biphenyls based on their fracturing concentrations and congener compositions. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2004;39(11-12):2755–2777. doi: 10.1081/ESE-200033689
21. Ostrovskaya EV, Asaeva KI, Korshenko AN, et al. The pollution of the bottom sediments in the North-Western part of the Caspian Sea hydrocarbons and persistent organic pollutants. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitiye.* 2014;9(4):129–131. (In Russ.)
22. Shiraipova GS, Batoyev VB, Vyalkov AI, Morozov SV. The geoecological assessment of Lake Gusinoe persistent organic pollutants by persistent organic pollutants. *Vestnik Buryatskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2012;(S2):280–283. (In Russ.)

References

1. Tsygankov VYu, Boyarova MD, Lukyanova ON. [Chemical and Environmental Aspects of Persistent Organic Pollutants: A Manual.] 2nd ed. Vladivostok: Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University Publ.; 2015. (In Russ.)
2. Maistrenko VN, Klyuev NA. [Environmental and Analytical Monitoring of Persistent Organic Pollutants.] Moscow: VINOM; 2004. (In Russ.)
3. Urbaniak M. Polychlorinated biphenyls: Sources, distribution and transformation in the environment – A literature review. *Acta Toxicologica.* 2007;15(2):83–93.
4. Chuiko GM. Methodological approach for determining areas of water bodies contaminated with POPs (PCBs, DDT, HCCH) from organized local runoff and diffuse sources. In: *Modern Problems of Reservoirs and Their Catchments: Proceedings of the 8th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 27–30, 2021.* Perm: Perm State National Research University Publ.; 2021:387–392. (In Russ.)
5. PCB in the Russian Federation: Inventory and Proposals for Priority Remedial Actions. Executive Summary of the report of Phase 1: Evaluation of the Current Status of the Problem with Respect to Environmental Impact and Development of Proposals for Priority Remedial Actions of the Multilateral Cooperation Project on Phase-out of PCB Use, and Management of PCB-contaminated Wastes in the Russian Federation. AMAP Report 2000:3. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. Accessed October 1, 2022. <http://hdl.handle.net/11374/723>





Совершенствование системы сохранения здоровья работников социальной сферы

А.В. Жеглова, И.В. Лапко, И.А. Богатырева

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, г. Мытищи, Московская обл., 141014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Сохранение профессионального здоровья работающих предполагает оценку рисков нарушений здоровья, разработку технологий их минимизации с целью повышения эффективности труда и продления трудового долголетия. **Цель исследования:** разработка системы сохранения здоровья работников социальной сферы на основе оценки и управления профессиональным риском.

Материалы и методы. На клинической базе ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана с 2019 по 2022 г. проведены исследования по изучению состояния условий труда, социально-демографического статуса, оценке психологического здоровья работников социальной сферы.

Результаты. Сформированы группы риска нарушений здоровья (общесоматических заболеваний, различных проявлений синдрома профессионального выгорания) основных профессиональных групп социальных работников (группа с начинающимися признаками профессионального выгорания, группа со сформированным синдромом профессионального выгорания, группа с отсутствием признаков профессионального выгорания), разработаны программы профилактических мероприятий с включением дифференцированно направленных здоровьесберегающих технологий.

Выводы. Научно обоснована система сохранения здоровья работников социальной сферы, в том числе психологического, содержащая различные модули, направленные на оптимизацию условий труда, коррекцию факторов риска, медико-профилактические мероприятия по предотвращению различных нарушений здоровья, в том числе профессионального выгорания, формирование мотивации к ведению здорового образа жизни.

Ключевые слова: работники социальной сферы, напряженность труда, профессиональное выгорание, медико-профилактические мероприятия.

Для цитирования: Жеглова А.В., Лапко И.В., Богатырева И.А. Совершенствование системы сохранения здоровья работников социальной сферы // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 40–47. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-40-47>

Сведения об авторах:

Жеглова Алла Владимировна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник Института общей и профессиональной патологии им. академика РАМН А.И. Потапова; e-mail: drzhl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2708-3294>.

Лапко Инна Владимировна – д.м.н., ведущий научный сотрудник, заведующий неврологическим отделением ранней диагностики и лечения общих и профессиональных заболеваний Института общей и профессиональной патологии им. академика РАМН А.И. Потапова; e-mail: lapkoiv@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8468-6166>.

Богатырева Инесса Александровна – к.м.н., научный сотрудник Института общей и профессиональной патологии им. академика РАМН А.И. Потапова; e-mail: bogatyrevaia@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0105-9499>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Жеглова А.В.; сбор и обработка материала: Жеглова А.В., Богатырева И.А.; анализ и интерпретация результатов: Жеглова А.В., Лапко И.В.; обзор литературы: Лапко И.В., Богатырева И.А.; подготовка проекта рукописи: Жеглова А.В. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: дизайн исследования одобрен локальным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, протокол № 10 от 15 января 2020 г. Все испытуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 22.09.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Improving the System of Health Maintenance in Social Workers

Alla V. Zheglova, Inna V. Lapko, Inessa A. Bogatyreva

F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene,
2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: Health maintenance in workers implies assessment of occupational risks and development of techniques of their elimination in order to increase labor efficiency and working life expectancy.

Objective: To develop the system for maintaining health of social workers based on occupational risk assessment and management.

Materials and methods: In 2019–2022, studies of working conditions, socio-demographic status, and psychological wellbeing of social workers were conducted in the clinic of F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene.

Results: We established groups of social workers at risk of health disorders, such as common diseases and various manifestations of occupational burnout, including groups with null, early, and severe signs of job burnout, and elaborated programs for disease prevention incorporating targeted techniques of health maintenance.

Conclusion: We provide a rationale for the system of preserving physical and mental health of social workers that contains various modules aimed at optimizing working conditions, mitigating risk factors, preventing health disorders, including occupational burnout, and promoting a healthy lifestyle.

Keywords: social workers, work intensity, occupational burnout, disease prevention.

For citation: Zheglova AV, Lapko IV, Bogatyreva IA. Improving the system of health maintenance in social workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):40–47. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-40-47>

Author information:

Жеглова Алла Владимировна, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Institute of Common and Occupational Diseases named after RAMS Academician A.I. Potapov; e-mail: drzhl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2708-3294>.

Лапко Инна Владимировна, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of the Neurology Department of Early Diagnosis and Treatment of Common and Occupational Diseases, Institute of Common and Occupational Diseases named after RAMS Academician A.I. Potapov; e-mail: lapkoiv@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8468-6166>.

Богатырева Инесса Александровна, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Institute of Common and Occupational Diseases named after RAMS Academician A.I. Potapov; e-mail: bogatyrevaia@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0105-9499>.

Author contributions: study conception and design: Zheglova A.V.; data collection and processing: Zheglova A.V., Bogatyreva I.A.; analysis and interpretation of results: Zheglova A.V., Lapko I.V.; literature review: Lapko I.V., Bogatyreva I.A.; draft manuscript preparation: Zheglova A.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study design was approved by the Local Ethics Committee of F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, Minutes No. 10 of January 15, 2020. All subjects signed an informed consent to participate in the study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: September 22, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. В современных условиях социальное обслуживание является одним из основных видов социальной работы, цель которого состоит в создании оптимальных условий для сохранения личностного и социального статуса граждан. Система социального обслуживания сочетает в себе оказание помощи как в стационарных, так и в нестационарных (амбулаторных) условиях. Рост потребности граждан в предоставлении различных видов услуг обуславливает необходимость развития и бесперебойного функционирования этой многоплановой социальной системы. Одним из элементов этого развития является сохранение физического и ментального здоровья работников социальной сферы, поскольку здоровье является важнейшей потребностью человека, определяющей его способность к труду и обеспечивающей гармоничное развитие личности. Результативность работы учреждения социальной сферы непосредственно связана с состоянием здоровья его сотрудников, поэтому сохранение и укрепление их здоровья является одной из приоритетных направлений системы социального обслуживания населения на современном этапе [1, 2].

Основополагающим принципом формирования системы сохранения здоровья на рабочем месте является переход от реагирования на уже возникшие заболевания работников к управлению рисками возможного повреждения здоровья. Разработка и внедрение разнонаправленной системы управления профессиональными рисками должны стать основой сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности [3, 4].

Труд работников учреждений социального обслуживания характеризуется высоким уровнем ответственности за здоровье и социальное благополучие подопечного, большим объемом разнонаправленных функций, дефицитом времени на их выполнение, постоянным контактом с проблемами и негативными эмоциями, вложением значительных личных ресурсов в работу без адекватной оценки результатов их труда [5–7]. Это приводит к растрате психологических, эмоциональных и физических ресурсов социального работника и является фактором риска для развития профессионального выгорания (ПВ), являющегося одной из наиболее вероятных причин снижения профессиональной мотивации людей, работающих в учреждениях социального ухода. Профессиональное выгорание является важной проблемой в современной рабочей среде работников коммуникативных профессий [7–9].

Профессиональное выгорание — это комплекс симптомов, развивающийся на фоне длительного (хронического) стресса, ведущий к истощению эмоциональных, физических и личностных резервов работника [10–12].

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых показано, что совокупность личностных характеристик, процессов межличностных взаимоотношений, организационных факторов рабочей среды, социально-экономических и культурных

особенностей способствует формированию синдрома профессионального выгорания [13, 14].

Группами специалистов, подверженных повышенному риску его развития, считаются работники коммуникативных профессий, чья работа связана с постоянным общением с большим числом людей, в том числе руководители, преподаватели, полицейские, медицинские и социальные работники. Несколько научных исследований показали, что медсестры, ухаживающие за тяжелооболеченными и неизлечимыми пациентами, подвержены высокому риску развития профессионального выгорания. Умеренный риск отмечен для медсестер отделений гемодиализа [15, 16]. Также установлено, что медицинский персонал государственных учреждений здравоохранения имеет более высокий уровень риска ПВ в сравнении с работниками частных клиник. Это обусловлено невысоким фиксированным уровнем заработной платы, менее значимым пакетом дополнительных стимулов и поощрений в государственной сфере медицины по сравнению с частной [17, 18].

Ключевым вопросом системы управления рисками нарушений здоровья является разработка профилактических подходов, структурированных в программе профилактики, эффективность которой должна быть подтверждена результатами внедрения. Подобная программа, наряду с организационными мероприятиями по минимизации риска развития синдрома профессионального выгорания у социальных работников, должна включать меры по повышению личной мотивации, оптимизации взаимоотношений в трудовом коллективе, формированию конструктивных подходов к преодолению трудностей [19–22]. Реализация комплексных профилактических программ позволит снизить уровень риска развития эмоционального выгорания, сохранить кадровый потенциал учреждений, осуществляющих социальное обслуживание населения.

Целью исследования являлась разработка системы сохранения здоровья работников социальной сферы на основе оценки и управления профессиональным риском.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели в клинике Института общей и профессиональной патологии ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана проведено обследование 126 работников социальной сферы, изучены методологические подходы к оценке профессионального выгорания, определены приоритетные диагностические методики, с помощью которых проанализирована специфика выраженности и структуры профессионального выгорания у работников сферы социального обслуживания. Изучено влияние формирующегося синдрома профессионального выгорания на субъективную оценку самочувствия персонала и показатели профессиональной адаптации социальных работников, для чего были сформированы две группы: объединенная группа работников с синдромом профессионального выгорания (6 чел.) и отдельными признаками ПВ (17 чел.) —

1-я группа, группу сравнения (2-я группа) составили лица без признаков профессионального выгорания (52 чел.).

В данном исследовании проведена гигиеническая оценка условий труда работников социальных учреждений (работники хосписов, отделений сестринского ухода, социальные работники патронажной службы) Москвы и Московской области в соответствии с руководством¹.

Оценка напряженности трудового процесса проведена на основе расчета интегрального показателя (L_{nt}) по методике² (Н.Ф. Измеров и соавт.), с учетом величины L_{nt} выделены шесть категорий напряженности труда: I — малая — $L_{nt} \leq 0,899$; II — средняя — $L_{nt} = 0,900-1,206$; III — высокая — $L_{nt} = 1,207-1,514$; IV — очень высокая — $L_{nt} = 1,515-1,824$; V — изнурительная — $L_{nt} = 1,825-2,130$; VI — сверхинтенсивная (экстремальная) — $L_{nt} \geq 2,131$.

Процесс трудовой деятельности работников службы патронажа характеризуется допустимыми условиями труда (класс 2) по степени напряженности трудового процесса, а у социальных работников хосписов и отделений сестринского ухода этот показатель соответствует классу 3.1 (труд напряженный 1-й степени). При анализе интегральных показателей напряженности выявлено, что труд социальных работников относится к категории высокой напряженности трудового процесса: у сотрудников патронажной службы L_{nt} составил в среднем 1,321, у работников хосписов — $L_{nt} = 1,509$.

Профессиональная нагрузка работников служб социального ухода характеризовалась следующими особенностями: разнонаправленность профессиональных задач, высокий уровень ответственности при их выполнении, длительный контакт с больными людьми и их родственниками, нехватка времени.

Для сопоставительной оценки степени выраженности профессионального выгорания в исследование было включено 126 работников социальных учреждений. Женщины составили 100 % обследованных. Средний возраст составил $44,9 \pm 1,2$ года, средний стаж работы в профессии — $24,9 \pm 2,2$ года.

Выраженность синдрома профессионального выгорания определялась с применением теста МБИ «Профессиональное выгорание»³ и опросника «Синдром эмоционального выгорания»⁴.

Тест оперативной оценки самочувствия, активности, настроения (САН)⁵ использован для оценки воздействия сформированного (или формирующегося) симптомокомплекса эмоционального выгорания на субъективную оценку самочувствия.

С целью оценки влияния элементов профессионального выгорания на профессиональную деятельность социального работника проводилось определение уровня профессиональной адаптации, являющейся процессом осознания

профориентационных ценностей, овладения всеми составляющими своей профессии для достижения максимального уровня профессионализма. Уровень профессиональной адаптации оценивался по пятибалльной шкале (1 — самый низкий балл, 5 — самый высокий балл) при помощи экспертной группы, состоящей из руководящих работников учреждений социального обслуживания. Статистическая обработка проведена с помощью типовых программ Statistica 6.0. Данные исследования проверены на нормальность распределения; применены средняя оценка и ошибка средней величины ($M \pm m$); сходство/различие признаков оценивали при помощи t -критерия Стьюдента, взаимозависимость признаков — корреляционного анализа Пирсона (значимым был $p < 0,05$).

Результаты. Анализ результатов, полученных при проведении теста «Профессиональное выгорание», показал низкий уровень эмоционального истощения, средний уровень деперсонализации и редукции личных достижений как критериев выраженности ПВ у работников патронажной службы. При проведении качественного анализа установлено, что почти у половины респондентов (48,3 %) отмечены элементы деперсонализации (высокий уровень выраженности) и у 21,6 % — проявления редукции личных достижений (средний уровень выраженности).

При этом сочетание высоких двух шкал (деперсонализация, редукция личных достижений) выявлено у каждого пятого опрошенного (21,6 %): у этих работников отмечаются снижение удовлетворенности работой, обесценивание взаимоотношений в коллективе, низкий уровень эмпатии, приводящие к снижению эффективности профессиональной деятельности. Сочетания высоких показателей по трем шкалам теста МБИ (эмоциональное истощение, деперсонализация, редукция личных достижений) у всех обследованных работников патронажа отмечено не было.

Результаты тестирования по опроснику В.В. Бойко в группе патронажной службы были невысокими — средняя оценка составила $76,7 \pm 5,6$ балла; фаза резистенции сформирована у 8,3 %, фаза истощения — у 1,7 % обследованных этой группы.

При тестировании работников хосписов и отделений сестринского ухода также отмечен невысокий уровень выраженности отдельных компонентов профессионального выгорания: низкий уровень эмоционального истощения, средний уровень деперсонализации и редукции личных достижений. При этом у 39 % работников хосписов отмечены элементы деперсонализации высокого уровня выраженности, а у четверти — высокий уровень редукции личных достижений. Высокие показатели сразу по трем шкалам теста «Профессиональное выгорание» отмечены только у 3,1 % респондентов, по двум шкалам (деперсонализация + редукция личных достижений) — у 15,6 % респондентов.

¹ Р 2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

² Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Тарасова Л.А. Обоснование интегрального показателя для определения категорий напряженности труда // Медицина труда и промышленная экология. 1997. № 5. С. 1—7.

³ Водопьянова Н.Е. Синдром «выгорания» в профессиях системы «человек — человек» // Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности / под ред. Г.С. Никифорова, М.А. Дмитриевой, В.М. Снеткова. СПб.: Речь, 2001. С. 276—282.

⁴ Бойко В.В. Психонейроэнергетика эмоций. СПб.: Питер, 2008. 409 с.

⁵ Психологические тесты для профессионалов / авт. сост. Н.Ф. Гребень. Минск: Современ. шк., 2007. 496 с.

Общая оценка профессионального выгорания по опроснику В.В. Бойко в этой группе составила $82,0 \pm 7,2$ балла, фаза напряжения сформировалась у 1,4 % работников хосписов, фаза резистенции отмечена у 20,5 %, фаза истощения — у 8,2 % обследованных. Синдром профессионального выгорания в сформированном виде был выявлен у 4,1 % обследованного контингента социальных учреждений.

При анализе результатов тестирования субъективной оценки самочувствия, активности, настроения выявлено, что средние значения показателя по тесту САН для 1-й группы составили от $2,70 \pm 0,18$ (конец рабочего дня, 15:00) до $4,18 \pm 0,19$ балла (11:00), что подтверждает неблагоприятное эмоционально-психологическое состояние обследованных. Во 2-й группе средние значения данного показателя колебались от $4,44 \pm 0,15$ (15:00) до $5,61 \pm 0,19$ (11:00) балла, что говорит о высоких адаптационных эмоциональных резервах испытуемых. При этом в обеих обследованных группах выраженность утомления (обратная величина балльной оценке по тесту САН) нарастает в течение рабочего дня: данный показатель снижался до 2,70 балла в 1-й группе и до 4,44 балла во 2-й группе (группа сравнения). Необходимо отметить, что эти значения имели достоверные отличия ($2,70 \pm 0,18$ и $4,44 \pm 0,15$, $p < 0,05$). Также обращают на себя внимание более высокие показатели по тесту САН (минимальные и максимальные баллы) в группе сравнения по сравнению с 1-й группой, что подтверждает влияние признаков эмоционального выгорания на субъективную оценку самочувствия у обследованных соцработников.

Показатели профессиональной адаптации (результаты экспертной оценки) по состоянию здоровья и профессиональной эффективности были ниже у работников группы риска (1-я группа) — 3,53 балла по сравнению со 2-й группой — 4,12 балла.

Основными этапами профилактики и терапии профессионального выгорания являются:

- комплексная оценка психического, ментального и функционального состояния работника;
- сочетание лекарственного и психотерапевтического воздействия, направленного на коррекцию пограничных состояний, патологических реакций.

Цель психологической и психотерапевтической профилактики профессионального эмоционального выгорания состоит в формировании эффективных подходов к реализации социальными работниками своих трудовых функций, направленных на повышение степени удовлетворенности своей профессиональной и личностной реализацией.

Формирование оптимальных адаптивных копинг-стратегий позволит минимизировать негативное влияние социальных, экономических и других ограничений, развить навыки преодоления трудных жизненных обстоятельств, расширить возможности межличностного взаимодействия, что приведет к реализации личного потенциала работника в профессиональной и иной деятельности [23–25].

Результаты проведенного исследования с учетом отечественного и зарубежного опыта в области профилактики профессионального эмоционального выгорания у работников коммуникативных профессий послужили основой создания

профилактической программы, направленной на минимизацию риска развития ПВ, сохранение и укрепление психического и ментального здоровья социальных работников.

Разработанная программа направлена на снижение риска формирования профессионального выгорания за счет создания системы профилактики в группе работников различных социальных учреждений с учетом повышения их стрессоустойчивости, развития индивидуальных ресурсов, повышения личностного потенциала и рекомендована для применения в учреждениях социального обслуживания с привлечением штатного психолога.

Основные задачи профилактической программы:

- анализ факторов риска профессиональной деятельности социальных работников с учетом особенностей, способствующих развитию эмоционального выгорания;
- расширение возможностей социальных работников по минимизации эмоционального напряжения на работе и в быту, в том числе формирование навыков само- и взаимопомощи;
- создание «здоровой среды» на рабочем месте.

Программа профилактики включает психодиагностику, разработку индивидуальных рекомендаций с применением современных психокорректирующих методик (упражнения на релаксацию, коррекционные занятия, групповые тренинги и др.).

Процесс реализации профилактической программы предусматривает мониторинг основных показателей (по результатам психологической диагностики) на групповом и индивидуальном уровнях для своевременной коррекции проводимых мероприятий с целью их максимальной эффективности.

Разработанная программа состоит из организационного и профилактического блоков. Организационные мероприятия включают: проф отбор посредством проведения анкетирования, тестирование кандидатов при приеме на работу; профессиональное сопровождение новых сотрудников за счет реализации системы наставничества и дальнейшего наблюдения (с участием штатного психолога); непрерывное повышение квалификации специалистов, участвующих в реализации профилактической программы (психолог и др.), введение системы поощрений социальных работников (материальных и нематериальных) для повышения мотивации к ведению здорового образа жизни.

Профилактический блок включает следующие направления: систематическое проведение психологического тестирования для определения ранних признаков синдрома выгорания у социальных работников; информирование работников о причинах, ранних проявлениях ПВ и возможностях предотвращения его развития; индивидуальная психодиагностика и психотерапевтическая коррекция, проведение регулярных групповых семинаров, тренингов, целью которых является создание ресурсов для борьбы с профессиональным эмоциональным выгоранием и установление партнерских отношений внутри коллектива.

Мероприятия разработанной программы профилактики ПВ были реализованы с участием штатных психологов (хосписы и отделения сестринского ухода), для работы с сотрудниками

патронажной службы привлекался психолог медицинской организации, проводящей исследования.

Эффективность внедрения данной программы оценивалась посредством мониторинга выраженности и специфики ПВ у работников социальных учреждений, участвующих в основных мероприятиях программы. В рамках тестирования возможно применение как общепринятых методик для оценки ПВ, так и дополнительных, позволяющих оценить особенности синдрома профессионального выгорания в различных профессиональных группах.

В процессе реализации программы профилактики, объектом которой были социальные работники группы риска, было организовано их повторное тестирование по проводимым ранее методикам (адаптивный вариант теста МВІ; опросник В.В. Бойко; тест оперативной оценки самочувствия активности, настроения (САН); профессиональной адаптации), которое проводилось на 12, 24 и 48-й неделе реализации программы профилактики.

Результаты оценки профессионального выгорания с использованием адаптивного теста МВІ показали достоверное снижение уровней показателей деперсонализации и эмоционального истощения, повышение уровня шкал редукции личных дости-

жений практически уже через 3 месяца участия работников обследуемых учреждений в программе: редукция личных достижений и эмоциональное истощение соответствовали низкому уровню риска развития ПВ, уровень деперсонализации соответствовал среднему уровню (рис. 1).

Также отмечена положительная динамика результатов опросника В.В. Бойко в процессе проведения мероприятий программы: на 24-й неделе осуществления программы ни одна из фаз ПВ не была сформирована, о чем свидетельствуют низкие баллы их оценки: напряжение — 8,3; истощение — 27,8; резистентность — 31,6 балла (рис. 2).

Проведенная в динамике самооценка по тесту САН у работников 1-й группы (с признаками ПВ) в течение рабочего дня показала повышение уровня субъективной оценки до $5,7 \pm 0,15$ (в первую половину дня) и до $4,5 \pm 0,19$ балла (15:00), что свидетельствует об улучшении эмоционального состояния работников после проведения профилактических мероприятий.

При динамическом анализе экспертных оценок профессиональной адаптации отмечено повышение всех ее характеристик, при этом наиболее значимо повысился уровень профессиональной эффективности (до 4,15 балла на 48-й неделе реализации программы).

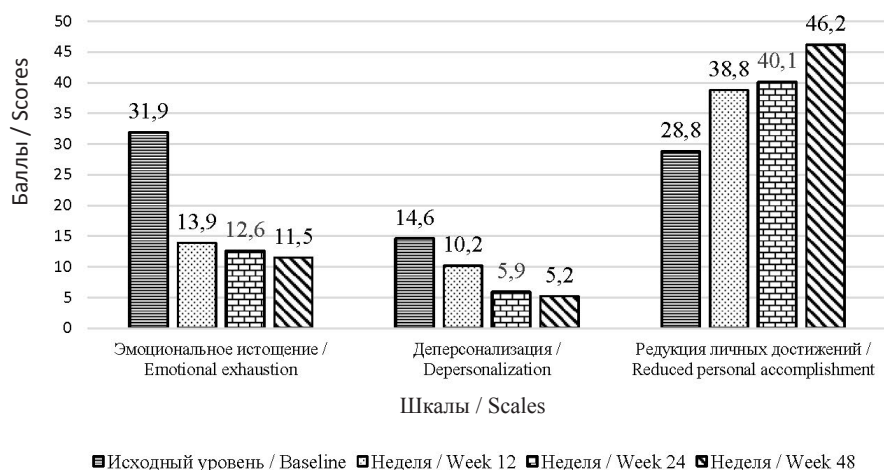


Рис. 1. Динамика показателей теста МВІ в процессе реализации профилактической программы
Fig. 1. Results of a psychosocial assessment using a self-administered Maslach Burnout Inventory questionnaire in the course of implementing the preventive program

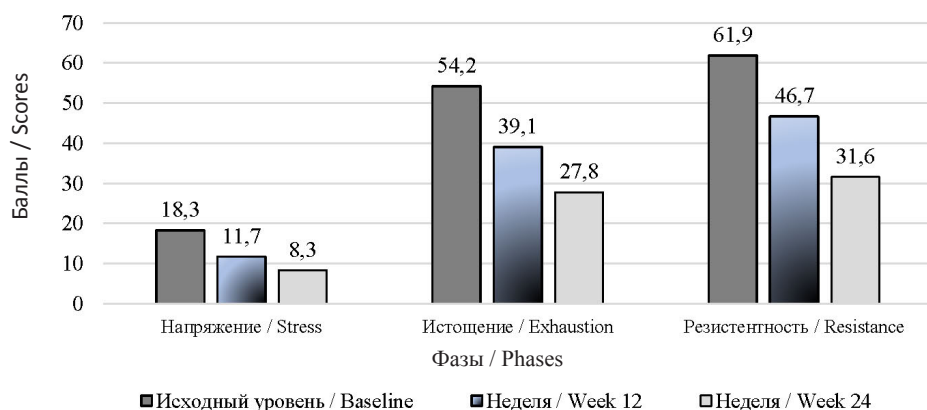


Рис. 2. Динамика показателей по опроснику Бойко В.В. в процессе реализации профилактической программы
Fig. 2. Results of establishing the burnout level using the questionnaire by Boyko V.V. in the course of implementing the preventive program

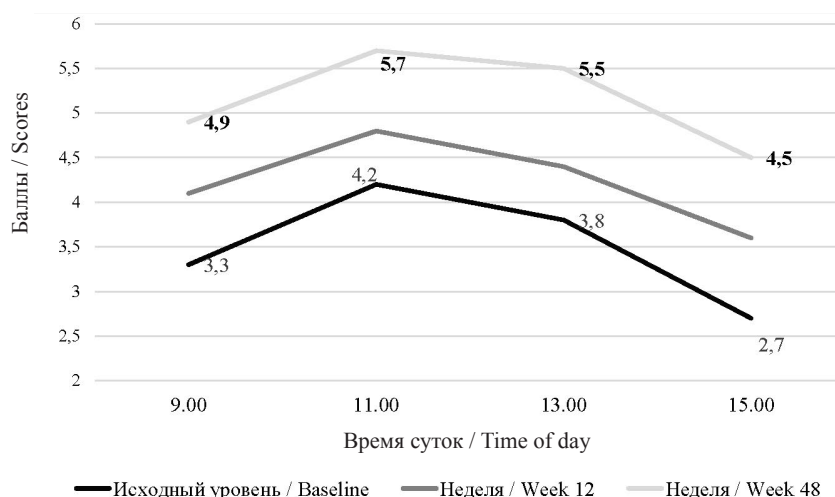


Рис. 3. Динамика показателей теста САН в процессе реализации профилактической программы
Fig. 3. Results of the “Wellbeing, Activity, Mood” test in the course of implementing the preventive program

Обсуждение. Анализ результатов исследования показал, что обследованные работники социальной сферы имеют в среднем невысокий уровень выраженности профессионального выгорания: сформированный синдром профессионального выгорания наблюдался у 2,1–5,2 % работников патронажной службы (по данным разных опросников), отдельные признаки ПВ отмечены почти у четверти работников этой профессиональной группы; более выраженные изменения отмечены у работников хосписов и отделений сестринского ухода — около 5 и 40 % соответственно. При оценке самочувствия, активности и настроения наибольшие изменения отмечены в группах со сформировавшимся ПВ и его отдельными признаками, особенно выраженные в конце рабочего дня. Также в этих группах отмечается более выраженное снижение профессиональной адаптации. Выявленные различия обусловлены вероятно более выраженными психоэмоциональными нагрузками у работников хосписов и отделений сестринского ухода, пациентами которых являются инкурабельные больные, нуждающиеся в паллиативной помощи. Полученные данные соответствуют результатам, полученным другими исследователями в схожих профессиональных группах (медицинский персонал онкологических отделений, отделений гемодиализа и др.) [15, 19, 20]. Необходимо отметить, что ограничением результатов исследования являлись субъективные оценки респондентов при анкетировании.

Все этапы предложенной профилактической программы выполнялись на базе хосписов и отделений сестринского ухода (с участием штатных специалистов-психологов), работники патронажной службы участвовали в мероприятиях программы на клинической базе ФБУН ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана. Анализ динамики показателей психологического тестирования в процессе реализации предложенной профилактической программы показал ее высокую эффективность, что позволяет рекомендовать ее к применению для работников социального обслуживания. Все это диктует необходимость проведения дальнейших исследований с целью разработки новых здоровьесберегающих технологий, направленных на предотвращение развития проявлений выгорания

у специалистов различных профессий, прежде всего коммуникативных.

Выводы. Таким образом, совершенствование системы сохранения здоровья работников социальной сферы должно быть направлено на:

- оценку психологического и эмоционального состояния;
- выявление факторов риска, способствующих развитию эмоционального выгорания;
- определение групп для проведения профилактических мероприятий;
- внедрение комплексных программ сохранения здоровья, в том числе с использованием современных здоровьесберегающих технологий;
- оценку эффективности проведенных мероприятий с целью их коррекции и повышения эффективности.

Комплексный подход к реализации профилактических мероприятий с применением всех рекомендованных организационно-методических и лечебно-профилактических инструментов как на уровне организации, так и на индивидуальном уровне позволит создать условия для предупреждения и преодоления профессионального выгорания у работников в сфере социального обслуживания.

Список литературы

1. Птицына Н.А. Социально-профессиональное самочувствие социальных работников // Женщина в российском обществе. 2007. № 4 (45). С. 70–78.
2. Капалыгина И.И. Социально-психологическое здоровье как критерий гуманности и успешности социального работника в здоровьесберегающей деятельности // Современные технологии образования взрослых. Сборник научных статей. ГрГУ им. Я. Купаля, г. Гродно, 2014.
3. Стародубов В.И., Соболева Н.П., Савченко Е.Д. К вопросу об укреплении и сохранении здоровья работающих на предприятиях (на примере Центрального федерального округа) // Менеджер здравоохранения. 2018. № 1. С. 35–41.
4. Стародубов В.И., Салагай О.О., Соболева Н.П., Савченко Е.Д. К вопросу об укреплении и сохранении здоровья работающих на предприятиях Российской Федерации // Менеджер здравоохранения. 2018. № 10. С. 31–39.
5. Гришина Н.В., Карпов А.В., Панов В.И. и др. Психология конструктивной конфликтности личности. Ярославль: ООО «Издательско-полиграфический комплекс "Индиго"», 2013. 336 с.

6. Башкин М.В. Проблема межличностных конфликтов в педагогической деятельности // Гуманитарные основания социального прогресса: Россия и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 25–27 апреля 2016 года / Министерство образования и науки РФ; Московский государственный университет дизайна и технологии. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2016. С. 17–22.
7. Гасан А.С. Взаимосвязь эмоций и поведения личности в конфликтной ситуации // Гуманитарные основания социального прогресса: Россия и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 25–27 апреля 2016 года / Министерство образования и науки РФ; Московский государственный университет дизайна и технологии. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2016. С. 40–45.
8. Терентьева Т.А. Профессиональное выгорание сотрудников в современных организациях // Молодой ученый. 2020. № 18 (308). С. 147–150.
9. Китаев-Смык Л.А. Сознание и стресс: творчество, совладание, выгорание, невроз. Москва: Смысл, 2015. 767 с.
10. Ибатова А.З. Взаимосвязь профессиональной и коммуникативной культуры личности // Наука и бизнес: пути развития. 2016. № 12 (42). С. 25–27.
11. Берёзенцева Е.А. Профессиональный стресс как источник профессионального выгорания // Управление образованием: теория и практика. 2014. № 4 (16). С. 162–170.
12. Блинков А.Н., Лебединцева О.И. Профессиональное выгорание как следствие дефицита профессиональной готовности (на основе анализа научной литературы) // Акмеология. 2018. № 1 (65). С. 27–32.
13. Kashapov M.M. Suprasituational thinking as a means of realization of mental resource of a professional. In: Mikhailov J, Ozhiganova G, eds. *Possibilities of Actualization of Human Mental Resources: Proceedings of the Second International Scientific and Practical Seminar, Riga, October 5–6, 2015*. Riga: International Higher School of Practical Psychology Publ.; 2015:33–37.
14. Božac GM, Angeleski I. Menadžment konflikta: razmatranje teoretske paradigme i makrostrateškog pristupa. *Ekonomika Istraživanja*. 2008;21(4):45–61.
15. Антипова Е.И., Шибкова Д.З. Оценка динамики психофизиологических характеристик и работоспособности специалистов по социальной работе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 457.
16. Водопьянова Н.Е. Психодиагностика стресса. Москва [и др.]: Питер, 2009. 329 с.
17. Böhmert M, Kuhnert S, Nienhaus A. Psychological stress and strain in dialysis staff: A systematic review. *J Ren Care*. 2011;37(4):178–189. doi: 10.1111/j.1755-6686.2011.00236.x
18. Серафимович И.В. Межличностное взаимодействие в конфликтных и проблемных ситуациях в зависимости от метакогнитивных признаков прогнозирования у медицинских работников // Гуманитарные основания социального прогресса: Россия и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 25–27 апреля 2016 года / Министерство образования и науки РФ; Московский государственный университет дизайна и технологии. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2016. С. 103–108.
19. Peters L, Cant R, Sellick K, et al. Is work stress in palliative care nurses a cause for concern? A literature review. *Int J Palliat Nurs*. 2012;18(11):561–567. doi: 10.12968/ijpn.2012.18.11.561
20. Wu H, Liu L, Sun W, Zhao X, Wang J, Wang L. Factors related to burnout among Chinese female hospital nurses: cross-sectional survey in Liaoning Province of China. *J Nurs Manag*. 2014;22(5):621–629. doi: 10.1111/jonm.12015
21. Погачева Е.С. Стресс на рабочем месте, как глобальная социальная проблема. Гуманитарные основания социального прогресса: Россия и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 25–27 апреля 2016 года / Министерство образования и науки РФ; Московский государственный университет дизайна и технологии. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии». 2016. С. 259–264.
22. Henderson DF, Quick TL, Quick JC. A century of stress: Stress theories and preventive management in a global context. *Organizational Psychology*. 2015;5(3):10–25.
23. Старченкова Е.С. Концепция проактивного совладающего поведения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12. Психология. Социология. Педагогика. 2009. № 2–1. С. 198–205.
24. Филина С.В. Коррекция и профилактика синдрома выгорания // Современные проблемы исследования синдрома выгорания у специалистов коммуникативных профессий: коллективная монография / под ред. В.В. Лукьянова, Н.Е. Водопьяновой, В.Е. Орла, С.А. Подсадного, Л.Н. Юрьевой, С.А. Игумнова. Курск: Курск. гос. ун-т, 2008. С. 249–283.
25. Wollburg E, Braukhaus C. Goal setting in psychotherapy: The relevance of approach and avoidance goals for treatment outcome. *Psychother Res*. 2010;20(4):488–494. doi: 10.1080/10503301003796839

References

1. Ptitsyna NA. [Socio-professional well-being of social workers.] *Zhenshchina v Rossiyskom Obshchestve*. 2007;(4(45)):70–78. (In Russ.)
2. Kapalygina II. [Socio-psychological health as a criterion of humanity and success of a social worker in health-saving activities.] In: *Modern Adult Education Technologies. POSTDIP-2014: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Grodno, Nov 15 – Dec 15, 2014*. Grodno: GrGU; 2014:1–5. (In Russ.)
3. Starodubov VI, Soboleva NP, Savchenko ED. To the question about the strengthening and preservation of health of employees in the enterprises (on the example of the Central Federal District). *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2018;(1):35–41. (In Russ.)
4. Starodubov VI, Salagay OO, Soboleva NP, Savchenko ED. To the issue of strengthening and preserving health of employees in the enterprises of the Russian Federation. *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2018;(10):31–39. (In Russ.)
5. Grishina NV, Karpov AV, Panov VI, et al. [Psychology of Constructive Proneness to Conflict of an Individual.] Yaroslavl: Indigo Publ.; 2013. (In Russ.)
6. Bashkin MV. Problem interpersonal conflicts in pedagogical activity. In: *Humanitarian Foundations of Social Progress: Russia and Modernity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 25–27, 2016*. Moscow: Moscow State University of Design and Technology Publ.; 2016:17–22. (In Russ.)
7. Gasan AS. The interconnection of emotions and behavior of the person in a conflict situation. In: *Humanitarian Foundations of Social Progress: Russia and Modernity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 25–27, 2016*. Moscow: Moscow State University of Design and Technology Publ.; 2016:40–45. (In Russ.)

8. Terentyeva TA. [Professional burnout of employees in modern organizations.] *Molodoy Uchenyy*. 2020;(18(308)):147-150. (In Russ.)
9. Kitaev-Smyk LA. [*Consciousness and Stress: Creativity, Coping, Burnout, Neurosis*.] Moscow: Smysl Publ.; 2015. (In Russ.)
10. Ibatova AZ. Interrelation of professional and communicative culture of an individual. *Nauka i Biznes: Puti Razvitiya*. 2016;(12(42)):25-27. (In Russ.)
11. Berezentseva EA. Professional stress as a source of professional burnout. *Upravlenie Obrazovaniem: Teoriya i Praktika*. 2014;(4(16)):162-170. (In Russ.)
12. Blinkov AN, Lebedintseva OI. Professional burnout as a result of deficit of professional readiness (on the basis of the analysis of the scientific literature). *Akmeologiya*. 2018;(1(65)):27-32. (In Russ.)
13. Kashapov M.M. Suprasituational thinking as a means of realization of mental resource of a professional. In: Mikhailov J, Ozhiganova G, eds. *Possibilities of Actualization of Human Mental Resources: Proceedings of the Second International Scientific and Practical Seminar, Riga, October 5-6, 2015*. Riga: International Higher School of Practical Psychology Publ.; 2015:33-37. .
14. Božac GM, Angeleski I. Menadžment konflikta: razmatranje teoretske paradigme i makrostrateškog pristupa. *Ekonomika Istraživanja*. 2008;21(4):45-61.
15. Antipova EI, Shibkova DZ. Assessing the dynamics psychophysiological characteristics and efficiency of social work specialists. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015;(4):457. (In Russ.)
16. Vodopyanova NE. [*Psychodiagnostics of Stress*.] Moscow [et al.]: Peter Publ.; 2009. (In Russ.)
17. Böhmert M, Kuhnert S, Nienhaus A. Psychological stress and strain in dialysis staff: A systematic review. *J Ren Care*. 2011;37(4):178-189. doi: 10.1111/j.1755-6686.2011.00236.x
18. Serafimovich IV. Medical staff interpersonal communication into conflicts according to metacognitive skills. In: *Humanitarian Foundations of Social Progress: Russia and Modernity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 25-27, 2016*. Moscow: Moscow State University of Design and Technology Publ.; 2016:103-108. (In Russ.)
19. Peters L, Cant R, Sellick K, et al. Is work stress in palliative care nurses a cause for concern? A literature review. *Int J Palliat Nurs*. 2012;18(11):561-567. doi: 10.12968/ijpn.2012.18.11.561
20. Wu H, Liu L, Sun W, Zhao X, Wang J, Wang L. Factors related to burnout among Chinese female hospital nurses: cross-sectional survey in Liaoning Province of China. *J Nurs Manag*. 2014;22(5):621-629. doi: 10.1111/jonm.12015
21. Rogacheva ES. Job stress as a global social problem. In: *Humanitarian Foundations of Social Progress: Russia and Modernity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 25-27, 2016*. Moscow: Moscow State University of Design and Technology Publ.; 2016:259-264. (In Russ.)
22. Henderson DF, Quick TL, Quick JC. A century of stress: Stress theories and preventive management in a global context. *Organizational Psychology*. 2015;5(3):10-25.
23. Starchenkova ES. The concept of proactive coping behavior. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 12. Psikhologiya. Sotsiologiya. Pedagogika*. 2009;(2-1):198-205. (In Russ.)
24. Filina SV. [*Correction and Prevention of the Burnout Syndrome*.] In: Lukyanov VV, Vodopyanova NE, Orel VE, Podsadny SA, Yuryeva LN, Igumnov SA, eds. [*Modern Problems of Burnout Syndrome Research in Specialists of Communicative Professions*.] Kursk: Kursk State University Publ.; 2008:249-283. (In Russ.)
25. Wollburg E, Braukhaus C. Goal setting in psychotherapy: The relevance of approach and avoidance goals for treatment outcome. *Psychother Res*. 2010;20(4):488-494. doi: 10.1080/10503301003796839



© Коллектив авторов, 2022

УДК 612.1:613.6.02:613.65



Check for updates

Оценка адаптационного риска у лиц, работающих во вредных условиях труда (на примере металлургического производства)М.М. Некрасова¹, И.В. Федотова¹, А.В. Мелентьев², Е.Ф. Черникова¹, Т.Н. Васильева¹,
И.А. Потапова¹, В.П. Телюпина¹, А.А. Мельникова¹, Е.В. Моисеева¹¹ ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии»

Роспотребнадзора, ул. Семашко, д. 20, г. Нижний Новгород, 603105, Российская Федерация

² ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, г. Мытищи, Московская обл., 141014, Российская Федерация**Резюме****Введение.** У работников металлургического производства определяется повышенная нагрузка на организм воздействием комплекса производственных стресс-факторов.**Цель работы** – провести оценку адаптационного риска у металлургов в зависимости от стажа работы во вредных условиях труда, выявить маркеры нарушения нейрогуморальной регуляции сердечного ритма, указывающие на повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний у малостажированных работников.**Материалы и методы.** В исследование было включено 222 металлурга (мужчины, средний возраст – $38,8 \pm 0,39$ года, средний стаж – $12,9 \pm 0,43$ года). Оценка показателей функционального состояния работников выполнялась общеклиническими, биохимическими методами. Расчет адаптационного риска проводился по методике Баевского Р.М. с использованием параметров вариабельности сердечного ритма. Оценивали корреляции между адаптационным риском и показателями функционального состояния, в том числе уровнями меди, цинка, селена и формальдегида в крови.**Результаты.** При оценке параметров вариабельности сердечного риска в зависимости от стажа было установлено достоверное сокращение общей мощности спектра ($r = -0,28, p = 0,000037$), доли парасимпатической регуляции (pNN50: $r = -0,295, p = 0,000012$) и увеличение доли гуморально-метаболических влияний (VLF %: $r = 0,16, p = 0,02$). Зарегистрированный адаптационный риск достоверно взаимосвязан с повышением уровней артериального давления ($r = 0,3, p = 0,0000$; $r = 0,25, p = 0,0003$), глюкозы ($r = 0,23, p = 0,001$), общего холестерина ($r = 0,21, p = 0,002$), меди в сыворотке ($r = 0,22, p = 0,001$). Одним из признаков неудовлетворительной адаптации у малостажированных работников является увеличение адаптационного риска более 2 у. е., повышение электрической нестабильности сердца.**Заключение.** Адаптационный риск у металлургов имеет прямую зависимость от стажа и ассоциируется с неблагоприятными изменениями в организме работников. Среди работников со стажем менее 10 лет регистрируются признаки неудовлетворительной адаптации к производственному стрессу, что является основанием для формирования групп риска нарушения здоровья среди малостажированных металлургов.**Ключевые слова:** условия труда, производственный стресс, функциональное состояние, металлургическое производство.**Для цитирования:** Некрасова М.М., Федотова И.В., Мелентьев А.В., Черникова Е.Ф., Васильева Т.Н., Потапова И.А., Телюпина В.П., Мельникова А.А., Моисеева Е.В. Оценка адаптационного риска у лиц, работающих во вредных условиях труда (на примере металлургического производства) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 48–57. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-48-57>**Сведения об авторах:****✉ Некрасова** Марина Михайловна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории психофизиологических и здоровьесберегающих технологий отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: nmarya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0834-7933>.**Федотова** Ирина Викторовна – д.м.н., доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: irinavfed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-8290>.**Мелентьев** Андрей Владимирович – к.м.н., ведущий научный сотрудник, врач-кардиолог, заведующий научно-консультативным отделением с многопрофильным дневным стационаром ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: amedik@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-0841>.**Черникова** Екатерина Федоровна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: chernikova_ef@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0565-4551>.**Васильева** Татьяна Николаевна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории психофизиологических и здоровьесберегающих технологий отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: tatiana.vasilvas@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0453-1098>.**Телюпина** Виктория Павловна – младший научный сотрудник лаборатории психофизиологических и здоровьесберегающих технологий отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: telyupina.v@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-6857>.**Потапова** Ирина Александровна – к.б.н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией химико-аналитических исследований отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: yes-ia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5855-5410>.**Мельникова** Анна Александровна – младший научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: ania.me@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1068-7075>.**Моисеева** Евгения Витальевна – научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований отдела гигиены ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора; e-mail: recept@nniigr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6916-3826>.**Информация о вкладе авторов:** редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи: Федотова И.В.; концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи: Некрасова М.М., Мелентьев А.В., Черникова Е.Ф., Васильева Т.Н., Потапова И.А.; сбор и обработка данных: Телюпина В.П., Мельникова А.А., Моисеева Е.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.**Соблюдение этических стандартов:** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 26.01.2021), 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. Все обследуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании.**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 22.09.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Assessment of Adaptive Risk for Workers Exposed to Occupational Hazards in the Metallurgical Industry

Marina M. Nekrasova,¹ Irina V. Fedotova,¹ Andrey V. Melentev,² Ekaterina F. Chernikova,¹
Tatiana N. Vasilyeva,¹ Irina A. Potapova,¹ Victoria P. Telyupina,¹
Anna A. Mel'nikova,¹ Evgeniya V. Moiseeva¹

¹ Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases,
20 Semashko Street, Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

² F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, 2 Semashko Street,
Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: Metallurgical workers are heavily exposed to a combination of occupational stress factors.

Objective: To assess the adaptive risk for metallurgists depending on duration of work under hazardous working conditions, to identify markers of impaired neurohumoral regulation of the heart rate indicating an increased risk of cardiovascular diseases in workers with little work experience.

Materials and methods: The study included 222 male metallurgists with the mean age of 38.8 ± 0.39 years and the mean duration of work of 12.9 ± 0.43 years. Parameters of the functional state were assessed by general clinical and biochemical methods. The adaptive risk was estimated using heart rate variability indices according to the method by R.M. Baevsky. We then analyzed the relationship between the adaptive risk and the functional state parameters, including blood levels of copper, zinc, selenium, and formaldehyde.

Results: When assessing heart rate variability parameters depending on the length of service, a significant reduction in the total power of the spectrum ($r = -0.28$, $p = 0.00037$) and the share of parasympathetic regulation (pNN50: $r = -0.295$, $p = 0.00012$) against an increase in the share humoral-metabolic influences (VLF %: $r = 0.16$, $p = 0.02$) were established. The registered adaptive risk correlated with an increase in blood pressure ($r = 0.3$, $p = 0.0000$; $r = 0.25$, $p = 0.0003$), glucose ($r = 0.23$, $p = 0.001$), total cholesterol ($r = 0.21$, $p = 0.002$), and serum copper ($r = 0.22$, $p = 0.001$). One of the signs of unsatisfactory adaptation in workers with little experience was an increase in the adaptive risk by more than 2 CU and in the electrical instability of the heart.

Conclusion: The adaptive risk in metallurgists correlates with the length of service and is associated with adverse health changes in workers. Among the metallurgists with less than 10 years of experience, signs of poor adaptation to industrial stress are registered, which is the basis for forming groups at risk of health disorders among such workers.

Keywords: working conditions, work stress, functional state, metallurgical production.

For citation: Nekrasova MM, Fedotova IV, Melentev AV, Chernikova EF, Vasilyeva TN, Potapova IA, Telyupina VP, Mel'nikova AA, Moiseeva EV. Assessment of adaptive risk for workers exposed to occupational hazards in the metallurgical industry. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):48-57. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-48-57>

Author information:

✉ Marina M. Nekrasova, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Senior Researcher, Laboratory of Psychophysiological and Health-Saving Technologies, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: nmarya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0834-7933>.

Irina V. Fedotova, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Chief Researcher, Head of Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: irinavfed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-8290>.

Andrey V. Melentev, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, cardiologist, Head of Scientific and Consultative Department with Multidisciplinary Day Hospital, F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene; e-mail: amedik@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-0841>.

Ekaterina F. Chernikova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: chernikova_ef@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0565-4551>.

Tatiana N. Vasilyeva, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Psychophysiological and Health-Saving Technologies, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: tatiana.vasilvas@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0453-1098>.

Victoria P. Telyupina, Junior Researcher, Laboratory of Psychophysiological and Health-Saving Technologies, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: telyupina.v@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-6857>.

Irina A. Potapova, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of the Chemical Laboratory, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: yes-ia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5855-5410>.

Anna A. Mel'nikova, Junior Researcher, Chemical Laboratory, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: ania.me@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1068-7075>.

Evgeniya V. Moiseeva, Researcher, Chemical Laboratory, Hygiene Department, Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: recept@nniigp.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6916-3826>.

Author contributions: editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article: Fedotova I.V.; study conception and design, conduction of the study, data collection, processing, and statistical analysis, draft manuscript preparation, editing, responsibility for the integrity of all parts of the article: Nekrasova M.M., Melentev A.V., Chernikova E.F., Vasilyeva T.N., Potapova I.A.; data collection and processing: Telyupina V.P., Mel'nikova A.A., Moiseeva E.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases (Minutes No. 1 of January 26, 2021), conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association on ethical principles for medical research involving humans, as amended in 2013, and the Rules of clinical practice in the Russian Federation approved by Order No. 266 of the Russian Ministry of Health dated June 19, 2003. All subjects signed an informed consent to participate in the study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: September 22, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Сохранение и укрепление здоровья работающего населения является одной из приоритетных задач государственной политики в Российской Федерации. Особое внимание уделяется разработке системы профилактических мероприятий, направленных на предупреждение профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у лиц, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда. Специалисты

медицины труда указывают на то, что у работников при воздействии комплекса вредных производственных факторов, уровни которых превышают нормативные значения, формируются неблагоприятные функциональные состояния, характеризующиеся как хронический или острый производственный стресс [1, 2]. Производственный стресс, оказывая многостороннее воздействие на организм, вызывает значимые изменения

в состоянии сердечно-сосудистой, нервной, гематологической, иммунной систем, при этом степень стрессирующего воздействия зависит как от дозовой нагрузки, так и от функционального состояния ведущих регуляторных систем организма и его индивидуальной чувствительности к раздражителю [3]. При воздействии производственных факторов отмечают формирование патологического процесса, который происходит стадийно: начальные адаптационные реакции сменяются стадией компенсации, затем стадией обратимых изменений, и только после этого возникает повреждение структур. Считают, что поиск ранних маркеров нарушений компенсаторных механизмов является одним из эффективных путей профилактики профессиональных и производственно обусловленных заболеваний [4].

В настоящее время признается актуальной для прогноза патологических состояний у работников концепция адаптационного риска на основе оценки вероятности развития нарушений в системе гомеостаза, в том числе путем измерения параметров variability сердечного ритма (BCP) [5, 6].

У работников металлургического производства определяется повышенная нагрузка на организм воздействием комплекса производственных стресс-факторов: шум, нагревающий микроклимат, интенсивное физическое напряжение, сменный режим труда, вредные вещества и пыль в воздухе рабочей зоны. Учитывая несомненную роль вредных факторов, особенно производственного шума и токсикантов, в повышении кардиоваскулярного риска, что было показано в работах исследователей [7–9], важным является изучение и характеристика систем гомеостаза организма у представителей данной профессиональной группы с различным стажем работы для раннего выявления компенсаторных нарушений.

Актуальность исследований также связана с тем, что, по данным ряда специалистов, несмотря на модернизацию современных металлургических предприятий, наряду с высоким уровнем профессиональной заболеваемости отмечается увеличение случаев смерти на рабочем месте вследствие заболеваний общего характера. В 90 % это обусловлено болезнями сердечно-сосудистой системы (ССС), при этом средний возраст умерших составил меньше 50 лет, что указывает на необходимость разработки и принятия эффективных санитарно-гигиенических и медико-биологических мер по сохранению здоровья и трудового долголетия металлургов [10–12].

Наряду с оценкой адаптационного потенциала особое значение имеет поиск способов повышения резистентности организма к вредным факторам производственной среды, в связи с этим представляет интерес изучение роли микроэлементов в регуляции адаптационных реакций. Наибольшее внимание заслуживают такие микроэлементы, как медь, цинк, селен, так как имеются сведения об участии их в антиоксидантной и иммунной защите организма, патогенезе кардиоваскулярных заболеваний [13–15].

Цель – провести оценку функционального состояния и адаптационного риска у работников основных профессий металлургического производства в зависимости от стажа работы во вредных условиях труда, выявить маркеры нарушения нейрогуморальной регуляции сердечного ритма, указывающие на повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний у малостажированных работников.

Материалы и методы. Исследование было проведено среди 222 рабочих металлургического производства полного цикла (мужчины, средний возраст – $38,8 \pm 0,39$ года, средний стаж – $12,9 \pm 0,43$ года). В группу обследованных входили представители следующих профессий: кузнец на молотах и прессах ($n = 31$); вальцовщик стана горячей прокатки ($n = 24$); мастер смены на горячем участке работ ($n = 22$); нагреватель металла ($n = 12$); обработчик поверхностных пороков металла ($n = 10$); правильщик проката и труб ($n = 8$); разлищик стали ($n = 6$); резчик холодного металла ($n = 19$); сталевар электропечи ($n = 25$); термист ($n = 10$); токарь ($n = 39$); шихтовщик ($n = 7$); сварщик ($n = 3$); машинист мостового крана ($n = 4$); газорезчик ($n = 2$). С целью изучения особенностей динамики показателей функционального состояния (ФС) металлургов в зависимости от стажа проводили сравнительный анализ по 3 группам, возрастно-стажевые характеристики работников представлены в табл. 1.

Для определения ранних маркеров компенсаторных нарушений также были проанализированы показатели ФС у работников 1-й стажевой группы при сравнительном анализе с учетом повышенного и нормального уровня артериального давления (ПАД и НАД).

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, протокол № 1 от 26.01.2021),

Таблица 1. Распределение работников металлургического производства по возрасту и стажу

Table 1. Distribution of the metallurgical workers by age and work experience

Группы по стажу / Groups by work experience	Средний стаж, лет / Average experience, years ($M \pm SE$)	Средний возраст, лет / Average age, years ($M \pm SE$)	Распределение по возрасту, n (%) / Age distribution, n (%)	
			≤ 39 лет / years	40–49 лет / years
1-я группа (0–9 лет) / Group 1 (0–9 years), $n = 82$	$6,6 \pm 0,21$	$35,96 \pm 0,69$	55 (67,1)	27 (32,9)
2-я группа (10–19 лет) / Group 2 (10–19 years), $n = 88$	$13,2 \pm 0,31^*$	$38,67 \pm 0,55^*$	54 (61,4)	34 (38,6)
3-я группа (20–29 лет) / Group 3 (20–29 years), $n = 52$	$22,2 \pm 0,32^{* \#}$	$43,31 \pm 0,38^{* \#}$	3 (5,8)	49 (94,2)

Примечание: * – $p < 0,05$ – статистически значимые различия с 1-й группой; # – $p < 0,05$ – статистически значимые различия со 2-й группой.

Notes: * $p < 0.05$ compared to Group 1; # $p < 0.05$ compared to Group 2.

проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003. Работа выполнялась в соответствии с планом основных научных мероприятий института; обследуемые были проинформированы о характере, целях исследования и дали письменное согласие на участие в нем.

Условия труда металлургов анализировали по материалам специальной оценки условий труда (СОУТ), проводили опрос работников по специализированной анкете, разработанной сотрудниками ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора «Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье работников», которая содержит 32 вопроса закрытого и открытого типа, касающихся оценки факторов производственной среды и трудового процесса, уровня стресса, самооценки здоровья, образа жизни. В рамках периодического медицинского осмотра (ПМО) в центре профпатологии ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора всем обследованным регистрировали антропометрические показатели, включающие возраст, пол, рост, массу тела, окружность талии (ОТ), индекс массы тела (ИМТ). Проводили измерение артериального давления (АД), электрокардиографию (ЭКГ), определение уровня общего холестерина (ХС), глюкозы натощак, уровень насыщения крови кислородом (SpO_2), выполнялся общий анализ крови с помощью стандартных методик. В сыровотке и моче работающих проводилась оценка уровня металлов адаптогенов (меди, цинка, селена), в крови — формальдегида (ФА) в соответствии с аттестованными по ГОСТ 8.563-2009 методиками с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии.

Состояние вегетативной нейрогуморальной регуляции анализировали по параметрам вариабельности сердечного ритма (ВСР) с использованием электрокардиографа «ВНС-Ритм» и программного обеспечения «Поли-Спектр-Ритм» («Нейрософт», Россия). Из временных показателей ВСР анализировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), стандартное отклонение массива нормальных (NN) RR-интервалов (SDNN, мс). Были учтены показатели, которые характеризуют автономный контур управления сердечным ритмом (СР) и вагусную активность вегетативной нервной системы (ВНС): квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); % пар кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50 мс к общему числу в массиве (pNN50, %). Рассматривали частотные параметры ВСР: общую мощность спектра ВСР (TP) в диапазоне 0,003–0,400 Гц, которая отражает суммарную активность систем регуляции СР; мощность очень низких частот (VLF) (0,003–0,040 Гц) — показывает влияние медленного нейрогуморального и метаболического звена регуляции; мощность низких частот (LF) (0,04–0,15 Гц) — является индикатором активности симпатического отдела ВНС; мощность высоких частот (HF) (0,15–0,4 Гц) — индикатор парасимпатического отдела. Также оценивали индекс вегетативного баланса — (LF/HF) и структуру спектра

по соотношению 3 компонентов в процентах (VLF %, LF %, HF %), Анализировали основные параметры кардиоинтервалографии (КИГ): Мо (мода) — наиболее часто встречающееся в данном динамическом ряде значение кардиоинтервала; Амо (амплитуда моды) — число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, в % к объему выборки; ВР (вариационный размах) — разность между максимальным и минимальным значением RR-интервалов; индекс напряжения регуляторных систем (стресс-индекс — SI), характеризующих активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального и автономного контура регуляции [5].

На основе зарегистрированных показателей ВСР по методике Р.М. Баевского (2016) вычисляли адаптационный риск, степень напряжения (СН) и функциональные резервы (ФР) регуляторных систем при использовании дискриминантной модели развития функциональных состояний (норма, донологические, преморбидные, патологические):

$$\text{СН} = 0,140 \times \text{ЧСС} - 0,165 \times \text{SI} - 1,293 \times \text{pNN50} - 0,623 \times \text{HF} \%, \quad (1)$$

$$\text{ФР} = -0,112 \times \text{ЧСС} - 1,006 \times \text{SI} - 0,047 \times \text{pNN50} - 0,086 \times \text{HF} \%. \quad (2)$$

Статистическая обработка полученных данных была проведена при помощи стандартных программ MS Excel и пакета прикладных статистических программ Statistica 12.0. Для характеристики величин с нормальным распределением (по критерию Шапиро — Уилка, Shapiro — Wilk test) использовали средние значения (M) и стандартные ошибки ($\pm \text{SE}$), для остальных показателей — медиану (Me), верхний и нижний квартили (Q25–Q75). Статистический анализ включал описательные статистики, сравнение независимых выборок по критерию Манна — Уитни (Mann — Whitney U-test), дисперсионный анализ, исследование корреляционной взаимосвязи с помощью коэффициента Спирмена (Spearman's rank correlation coefficient). Статистически значимым принимали уровень различий при $p \leq 0,05$.

Результаты. По результатам СОУТ все обследуемые работники трудятся во вредных условиях труда: на 35 % рабочих мест класс условий труда (КУТ), по итоговой оценке, соответствует вредному третьей степени (3.3), на 42 % — вредному второй степени (3.2) и на 23 % — вредному первой степени (3.1). Среди вредных факторов рабочей среды и трудового процесса производственный шум занимает первое ранговое место, превышает нормативные параметры на всех рабочих местах и оценивается на 64 % из них как соответствующий КУТ 3.1, а на 36 % — КУТ 3.2. На втором ранговом месте — тяжесть труда, которая для 90 % работников оценивается по КУТ как 3.2 и 3.1. Нагревающий микроклимат воздействует на 70 % рабочих мест, из них 22 % относятся по интенсивности теплового облучения к КУТ 3.3. При оценке аэрозолей преимущественно фиброгенного действия превышение ПДК в воздухе рабочей зоны (ВРЗ) было зафиксировано на 53 % рабочих мест, химического фактора — на 26 %. При этом концентрация ФА в отобранных пробах не превышала ПДК для ВРЗ (0,5 мг/м³), диапазон фактических значений составил 0,052–0,116 мг/м³. Повышенные уровни общей вибрации зарегистрированы

у машинистов кранов (КУТ 3.1), локальной вибрации — у обработчиков поверхностных пороков металла (КУТ 3.1).

Согласно результатам анкетного опроса среди факторов, оказывающих негативное воздействие на здоровье, производственный шум отметили 90 % рабочих, вибрацию — 62 %, физическое напряжение, связанное с поднятием перемещением и удержанием грузов более 10 кг, — 51 %, повышенную температуру воздуха на рабочем месте — 48 %, запыленность воздуха — 46 %, физическое напряжение, связанное с работой в позе стоя, — 42 %, загазованность — 34 %, частые наклоны корпуса — 26 %. Около четверти металлургов выделили следующие факторы напряженности трудового процесса, влияющие на ухудшение самочувствия: зрительное напряжение — 25 % работников, наличие риска для жизни — 24 %, работа в ночные смены — 22 %, высокое нервно-эмоциональное напряжение — 18 %.

Таким образом, результаты объективной и субъективной оценки условий труда указывают на риск формирования хронического производственного стресса у металлургов в результате сочетанного воздействия вредных факторов производственной среды и трудового процесса, среди которых наибольшее влияние оказывают шум, вибрация, тяжесть труда, нагревающий микроклимат и пыль.

По результатам ПМО у металлургов были зарегистрированы факторы риска заболеваний ССС: курение — в 53,6 % случаев; уровни общего ХС более 4,9 ммоль/л — в 68,5 % случаев; избыточная масса тела ($25-29,9 \text{ кг/м}^2$) — в 40,5 % и ожирение различной степени выраженности ($\text{ИМТ} \geq 30 \text{ кг/м}^2$) — в 31,1 %, абдоминальное ожирение (увеличение окружности талии более 94 см) — в 59,2 %, гипергликемия натощак (увеличение концентрации в крови более 6,1 ммоль/л) — в 15,3 % случаев. При обследовании повышенное АД ($\text{САД} \geq 140 \text{ мм рт. ст.}$, $\text{ДАД} \geq 90 \text{ мм рт. ст.}$) было зафиксировано более чем у трети металлургов (32,6 %) в общей выборке. При этом в группе со стажем менее 10 лет ПАД было зарегистрировано у 40,2 % работников, во второй стажевой группе — у 45,3 %, в группе со стажем 20–29 лет — у 70 % лиц ($p_{1-3} = 0,005$, $p_{2-3} = 0,02$). Средние значения клиничко-лабораторных показателей в 3 группах по стажу представлены в табл. 2.

Статистический анализ данных показал, что средние уровни САД у работников со стажем 20 и более лет достоверно превышают значения АД, зарегистрированные у металлургов 1-й и 2-й группы, при этом между стажем и уровнями АД имеется прямая корреляционная зависимость (САД : $r = 0,19$, $p = 0,004$; ДАД : $r = 0,18$, $p = 0,01$). В крови работников со стажем 10 и более лет достоверно возрастают концентрации общего ХС и глюкозы, что свидетельствует о неблагоприятных кардиометаболических изменениях и риске развития ССЗ у металлургов.

У работников, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов, при оценке параметров ВСР в зависимости от стажа было установлено достоверное сокращение общей мощности спектра (TP : $r = -0,28$, $p = 0,000037$), доли парасимпатической регуляции ($\text{HF} \%$: $r = -0,19$, $p = 0,004$; RMSSD : $r = -0,28$, $p = 0,000038$; pNN50 : $r = -0,295$, $p = 0,000012$) и увеличение доли гумо-

рально-метаболических влияний ($\text{VLF} \%$: $r = 0,16$, $p = 0,02$) и ЧСС ($r = 0,19$, $p = 0,006$). Отмечается также, что рост уровней САД достоверно взаимосвязан с параметрами ВСР: (LF/HF : $r = 0,15$, $p = 0,03$; ЧСС: $r = 0,23$, $p = 0,0001$; SDNN : $r = -0,32$, $p = 0,0000$; RMSSD : $r = -0,31$, $p = 0,0000$; TP : $r = -0,29$, $p = 0,0000$; $\text{VLF} \%$: $r = 0,2$, $p = 0,03$; $\text{HF} \%$: $r = -0,2$, $p = 0,004$; $\text{AMo} \%$: $r = 0,36$, $p = 0,0000$; SI : $r = 0,34$, $p = 0,0000$). Данные закономерности являются основанием для рассмотрения дисбаланса в системах регуляции СР как одного из пусковых патогенетических звеньев в развитии производственно обусловленной артериальной гипертензии.

Результаты изучения ВСР свидетельствуют, что резкое снижение показателей, указывающее на ухудшение нейрогуморальной регуляции, наблюдается после 10 лет стажа работы во вредных условиях труда; так, значение pNN50 сокращается в 2,6 раза, RMSSD — в 1,3 раза, SDNN — в 1,2 раза. Редукция общей мощности спектра ВСР (TP) зарегистрирована в 1,4 раза, анализ структуры спектра указывает на то, что снижение происходит за счет как уменьшения симпатической активности ВНС (по параметру LF в 1,4 раза), так и, в большей степени, нарушения парасимпатической регуляции (снижение мощности спектра HF -диапазона в 1,8 раза). В процентном соотношении возрастает роль медленных гуморальных и метаболических влияний ($\text{VLF} \%$) на сердечно-сосудистый подкорковый центр, что, по мнению ряда авторов, является признаком перехода с автономного на менее адаптивный центральный контур управления сердечным циклом [16, 17].

На централизацию управления СР у металлургов с увеличением стажа работы указывает возрастание показателей кардиоинтервалографии — стресс-индекса SI ($r = 0,28$, $p = 0,00003$) и LF/HF ($r = 0,18$, $p = 0,01$). Преобладание гуморально-метаболического компонента $\text{VLF} \%$ и снижение HF ассоциируется с ростом ИМТ ($r = 0,21$, $p = 0,002$; $r = -0,23$, $p = 0,001$ соответственно), что указывает на взаимозависимый характер диагностированных нарушений.

При проведении корреляционного анализа также были установлены следующие закономерности: концентрация меди в сыворотке крови достоверно возрастает с увеличением стажа ($r = 0,22$, $p = 0,0001$), при повышении индекса SI ($r = 0,24$, $p = 0,001$) и АД ($r = 0,21$, $p = 0,002$). В большинстве случаев уровни меди в сыворотке были зарегистрированы у верхней границы референтного диапазона ($0,7-1,4 \text{ мг/л}$), средние значения имеют достоверные отличия между 1-й и 2-й, 1-й и 3-й группами.

У металлургов всех стажевых групп в крови были определены значительные уровни ФА . Повышение концентрации ФА является стресс-фактором для организма, на что указывает прямая достоверная корреляция с показателем LF/HF ($r = 0,14$, $p = 0,04$), возрастание которого происходит при активации симпатического отдела ВНС. Увеличение содержания ФА в крови влияет на уровни адаптогенных металлов: приводит к снижению цинка в сыворотке ($r = -0,21$, $p = 0,003$) и усилению экскреции селена с мочой ($r = 0,29$, $p = 0,01$).

В свою очередь, снижение селена в сыворотке ассоциируется с высокими уровнями САД

Таблица 2. Сравнение значений показателей функционального состояния работников в группах по стажу [$M \pm SE$; Me (Q25–Q75)]Table 2. Comparison of parameters of the functional state in the workers divided into three groups by years of experience [$M \pm SE$; Me (Q25–Q75)]

Показатель / Parameter	Группы по стажу / Groups by experience			Достоверность различий / Significance of differences		
	1-я группа / Group 1	2-я группа / Group 2	3-я группа / Group 3	p_{1-2}	p_{1-3}	p_{2-3}
Клинико-лабораторные показатели / Clinical and laboratory indicators						
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	27,1 $\pm$ 0,49	28,3 $\pm$ 0,54	28,6 $\pm$ 0,63	0,1204	0,0578	0,4817
Окружность талии, см / Waist circumference, cm	94,9 $\pm$ 1,2	96,8 $\pm$ 1,2	99,0 $\pm$ 1,6	0,4214	0,0585	0,1586
Систолическое артериальное давление (САД), мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mm Hg	124,2 $\pm$ 1,5	124,9 $\pm$ 1,6	129,5 $\pm$ 1,7	0,2509	0,0173	0,0405
Диастолическое артериальное давление (ДАД), мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mm Hg	82,6 $\pm$ 1,1	84,4 $\pm$ 0,8	87,1 $\pm$ 1,3	0,2237	0,0129	0,0750
Общий холестерин, ммоль/л / Total cholesterol, mmol/L	5,15 (4,3–5,7)	5,4 (4,9–6,05)	5,7 (5,05–6,35)	0,0092	0,0002	0,1859
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/L	5,25 (4,9–5,5)	5,4 (5,1–5,9)	5,45 (4,9–6,05)	0,0172	0,0150	0,0803
Периферическое насыщение кислородом (SpO ₂), % / Peripheral oxygen saturation, %	96,9 $\pm$ 0,16	96,4 $\pm$ 0,18	96,2 $\pm$ 0,29	0,0845	0,0412	0,5824
Временные параметры ВСП / Heart rate variability parameters in the time domain						
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин / Heart rate, beats/min	73,9 $\pm$ 1,3	76,4 $\pm$ 1,1	78,4 $\pm$ 1,6	0,1627	0,0333	0,4443
SDNN, мс / Standard deviation of the NN intervals, ms	41 (33–53)	34 (26–47)	31,5 (26–44)	0,0076	0,0005	0,2868
RMSSD, мс / Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals, ms	26 (17–37)	19,5 (14–31)	18 (12–25)	0,0055	0,0004	0,2424
pNN50, % / % of pairs of cardiac intervals that differ by more than 50 ms to the total number in the array, %	5,12 (1,22–15,3)	1,96 (0,25–8,3)	1,25 (0–4,6)	0,0016	0,0002	0,2787
Спектральные параметры ВСП / Spectral parameters of heart rate variability						
Общая мощность спектра, мс ² / Total power (≤ 0.4 Hz), ms ²	2061 (1334–2999)	1494 (886–2535)	1174,5 (832–2132)	0,0112	0,0004	0,2039
VLF, мс ² / Power in the very low frequency range (0.003–0.04 Hz), ms ²	871 (526–1188)	656 (404–1158)	574 (355–1016)	0,1147	0,0473	0,5349
LF, мс ² / Power in the low frequency range (0,04–0,15 Hz), ms ²	788 (368–1197)	569 (296–47)	416 (207–807)	0,0179	0,0007	0,1346
HF, мс ² / Power in the high frequency range (0.15–0.4 Hz), ms ²	348 (194–650)	196 (89,7–452)	152,5 (74–257)	0,0026	0,0000	0,1468
LF/HF / Index of autonomic balance	2,11 (1,14–3,68)	2,73 (1,57–4,0)	3,03 (1,65–4,52)	0,0713	0,0326	0,3987
VLF, %	40,8 (30,2–52,6)	46,2 (37,1–58,7)	48,8 (37,8–62,4)	0,0155	0,0055	0,4349
LF, %	37,1 (27,9–45,2)	35,5 (27,9–43,5)	35,4 (24,1–43,6)	0,4779	0,2392	0,6196
HF, %	17,7 (10,9–25,7)	14 (8,98–20,9)	11,7 (7,5–17,1)	0,0148	0,0014	0,1779
Показатели кардиоинтервалографии / Results of heart rate variability examination						
Мо (мода), мс / Mode, ms	823 (735–905)	779 (729–878)	786 (714–840)	0,1937	0,0373	0,3285
Амо (амплитуда моды), % / Mode amplitude, %	45,1 (36,7–55,4)	49,9 (42,2–60,8)	56,4 (44,5–62,7)	0,0411	0,0008	0,0831
BP (вариационный размах), мс / Variation range, ms	252 (210–301)	222 (161–288)	197 (155–259)	0,0138	0,0004	0,1765
SI (стресс-индекс), у. е. / Stress index, CU	117 (71–181)	146,5 (86–251)	182 (105–299)	0,0162	0,0006	0,1830
Адаптационный риск (по методике Р.М. Баевского) / Adaptive risk (according to the method by Baevsky RM)						
ФР (функциональные резервы), у. е. / Functional reserves, CU	1,81 $\pm$ 0,1	1,33 $\pm$ 0,15	1,02 $\pm$ 0,22	0,0284	0,0018	0,2088
СН (степень напряжения), у. е. / Degree of stress, CU	–0,46 $\pm$ 0,2	–0,01 $\pm$ 0,15	0,24 $\pm$ 0,17	0,0557	0,0345	0,8302
Содержание химических соединений в биосредах / Levels of chemicals measured in biological fluids						
Медь, мг/л (сыворотка) / Copper, mg/L (blood serum)	1,05 $\pm$ 0,02	1,096 $\pm$ 0,02	1,127 $\pm$ 0,03	0,0434	0,0105	0,3140
Цинк, мг/л (сыворотка) / Zinc, mg/L (blood serum)	0,877 $\pm$ 0,016	0,830 $\pm$ 0,012	0,847 $\pm$ 0,019	0,0197	0,2395	0,4389
Селен, мг/л (сыворотка) / Selenium, mg/L (blood serum)	0,126 $\pm$ 0,007	0,117 $\pm$ 0,008	0,130 $\pm$ 0,012	0,4053	0,7406	0,3460
Формальдегид, мкг/мл (кровь) / Formaldehyde, μ g/mL (blood)	0,108 $\pm$ 0,012	0,150 $\pm$ 0,019	0,132 $\pm$ 0,021	0,0592	0,2547	0,5413
Селен, мг/л (моча) / Selenium, mg/L (urine)	0,058 $\pm$ 0,006	0,073 $\pm$ 0,005	0,067 $\pm$ 0,007	0,0813	0,3934	0,4891

Примечание: p_{1-2} – достоверность различий между 1-й и 2-й группами; p_{1-3} – достоверность различий между 1-й и 3-й группами; p_{2-3} – достоверность различий между 2-й и 3-й группами.

Notes: p_{1-2} – significance of differences between Groups 1 and 2; p_{1-3} – between Groups 1 and 3; p_{2-3} – between Groups 2 and 3.

($r = -0,37$, $p = 0,03$) у металлургов 1-й группы. На значимую роль селена в адаптации регуляторных систем организма у работников со стажем до 10 лет при воздействии вредных факторов производственной среды указывают достоверные корреляции содержания данного микроэлемента в сыворотке с показателями LF, % ($r = 0,41$, $p = 0,02$) и VLF, % ($r = -0,41$, $p = 0,02$), при этом наблюдается прямая зависимость уровня селена от стажа ($r = 0,36$, $p = 0,03$) и обратная от возраста ($r = -0,35$, $p = 0,04$).

Также отмечено, что гиперсимпатикотония, которая характеризуется преобладанием доли LF-компонента в регуляции СР (LF %), сопровождается уменьшением концентрации цинка в сыворотке ($r = -0,17$, $p = 0,01$) и увеличением его в моче ($r = 0,14$, $p = 0,04$). У работников после 20 лет стажа в условиях хронического производственного стресса установленные взаимосвязи наиболее выражены: смещение вегетативного баланса в сторону симпатикотонии по показателю LF/HF приводит к снижению цинка в сыворотке ($r = -0,38$, $p = 0,01$).

При оценке гематологических показателей общего клинического анализа крови было отмечено, что у более стажированных работников фиксируется рост значений среднего объема эритроцитов MCV ($r = 0,18$, $p = 0,0076$) и стандартного отклонения ширины распределения эритроцитов по объему RDW-SD ($r = 0,21$, $p = 0,0016$), что может указывать на развитие дисфункции эритроцитов. Согласно последним данным, структурные и функциональные изменения в эритроцитах (нарушение окислительно-восстановительного баланса, ферментативной активности) могут являться фактором риска развития ССЗ атеросклеротического генеза, а показатель RDW может служить интегративной мерой развивающихся хронических заболеваний, в том числе ИБС и сердечной недостаточности [18, 19]. Выявленные неблагоприятные изменения значительно снижают резистентность организма к вредным производственным факторам.

Расчет интегральных показателей по оценке адаптационных возможностей организма – ФР, СН, в соответствии с формулами (1) и (2), по-

казал достоверное снижение ФР регуляторных систем у работников 2-й и 3-й стажевых групп и повышение СН у работников 3-й группы по сравнению с первой (табл. 2). Как следствие, у металлургов с увеличением стажа фиксируется рост адаптационного риска (АР) (рисунок).

Достоверная корреляционная зависимость повышения АР была выявлена от основных зарегистрированных параметров ФС работников: уровень САД ($r = 0,3$, $p = 0,0000$) и ДАД ($r = 0,25$, $p = 0,0003$), SpO₂ ($r = -0,21$, $p = 0,002$), глюкозы ($r = 0,23$, $p = 0,001$), общего ХС ($r = 0,21$, $p = 0,002$), меди в сыворотке ($r = 0,22$, $p = 0,001$), ОТ ($r = 0,29$, $p = 0,0000$), ИМТ ($r = 0,27$, $p = 0,0000$), RDW-SD ($r = 0,16$, $p = 0,02$), увеличения содержания лейкоцитов (WBC), гранулоцитов (Gran), смеси моноцитов, эозинофилов, базофилов и незрелых клеток крови (Mid) ($r = 0,16$, $p = 0,002$).

Анализ функциональных показателей в малостажированной группе позволил выделить значимые маркеры риска повышения АД на начальных стадиях адаптации при воздействии производственного стресса, связанные с нарушением нейрогуморальной регуляции СР. В группу риска были включены работники со стажем менее 10 лет, у которых регистрировались уровни АД, превышающие нормативные. При сравнении основных параметров ВСР у работников с ПАД и имеющих нормальные уровни АД были определены критериальные значения, которые возможно использовать для оценки ФС работников (табл. 3). Одним из признаков неудовлетворительной адаптации у малостажированных работников является увеличение АР более 2 у. е., которое сопровождается сокращением ФР, снижением общей мощности спектра ВСР, увеличением SI, ИМТ, ЧСС.

Анализ данных ЭКГ показал, что в группе работников со стажем менее 10 лет при повышении АД достоверно чаще регистрируются признаки нарушения процессов реполяризации: в 48,4 % случаев против 14,9 % в группе с НАД ($p = 0,0014$), что указывает на перенапряжение ССС и повышение электрической нестабильности сердца.

В то же время в группе малостажированных работников с НАД по сравнению с группой

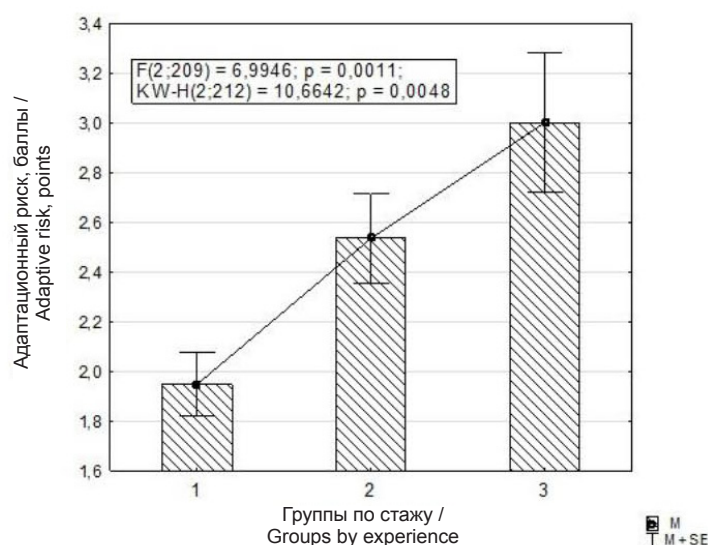


Рисунок. Средние значения адаптационного риска у работников металлургического производства в трех группах по стажу
Figure. The average values of adaptive risk among workers of metallurgical production divided into three groups by years of experience

Таблица 3. Значения показателей функционального состояния работников с повышенным и нормальным уровнем артериального давления в группе со стажем менее 10 лет [$M \pm SE$; Me (Q25–Q75)]**Table 3. Values of parameters of the functional state of workers with elevated and normal blood pressure levels in the group with less than 10 years of experience [$M \pm SE$; Me (Q25–Q75)]**

Показатель / Parameter	Основная группа (АД $\geq$ 140/90 мм рт. ст.) / Main group (BP $\geq$ 140/90 mm Hg) $n = 33$	Группа сравнения (АД $<$ 140/90 мм рт. ст.) / Comparison group (BP $<$ 140/90 mm Hg) $n = 49$	Достоверность различий / Significance of differences, p
Возраст, лет / Age, years	36,6 $\pm$ 1,16	35,6 $\pm$ 0,82	0,4981
Стаж, лет / Experience, years	6,7 $\pm$ 0,36	6,6 $\pm$ 0,24	0,8300
САД, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mm Hg	136,1 $\pm$ 1,65	116,0 $\pm$ 1,3	0,0000
ДАД, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mm Hg	92,7 $\pm$ 0,83	75,7 $\pm$ 0,8	0,0000
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	28,9 $\pm$ 0,7	26,0 $\pm$ 0,6	0,0031
Окружность талии, см / Waist circumference, cm	100,9 $\pm$ 1,8	91,2 $\pm$ 1,4	0,0000
SDNN, мс / ms	34,5 (28–43,5)	44 (40–54)	0,0072
RMSSD, мс / ms	17,5 (13–32)	29 (24–45)	0,0330
TP, мс ² / ms ²	1344 (924,5–2257,5)	2340 (1842–3692)	0,0158
ЧСС, уд/мин / Heart rate, beats per min	78,3 $\pm$ 2,2	71,1 $\pm$ 1,4	0,0005
Мо (мода), с / Mode, s	743 (674–865)	845 (762–905)	0,0118
Амо (амплитуда моды), % / Mode amplitude, %	55,2 (44,3–64,5)	41,5 (34,1–45,7)	0,0000
BP (вариационный размах), с / Variation range, s	226 (174–274)	265 (227–343)	0,0132
SI (стресс-индекс), у. е. / Stress index, CU	180,5 (115–245)	88,2 (52,7–126)	0,0000
ФР (функциональные резервы), у. е. / Functional reserves, CU	1,33 $\pm$ 0,17	2,14 $\pm$ 0,08	0,0000
СН (степень напряжения), у. е. / Degree of stress, CU	0,59 $\pm$ 0,24	–0,73 $\pm$ 0,28	0,0523
Адаптационный риск, у. е. / Adaptive risk, CU	2,53 $\pm$ 0,21	1,55 $\pm$ 0,13	0,0001

Примечание: обозначения показателей в соответствии с таблицей 2.

Notes: designations of parameters as in Table 2.

ПАД регистрируются эритроциты с большим значением стандартного отклонения ширины распределения эритроцитов по объему RDW-SD (46,1 $\pm$ 3,8 fL (фемтолитр) против 44,5 $\pm$ 2,9 fL, $p = 0,045$) и меньшие концентрации цинка в слюводе (0,836 $\pm$ 0,018 мг/л против 0,931 $\pm$ 0,024 мг/л, $p = 0,0018$), что можно расценивать как реакцию организма на неблагоприятные условия производственной среды у работников с НАД.

Обсуждение. В ходе проведения исследования у работников металлургического производства в зависимости от стажа были зарегистрированы однонаправленные изменения параметров ВСР, указывающие на снижение адаптационного потенциала организма.

В литературных источниках по изучению воздействия вредных производственных факторов на регуляцию сердечного ритма отмечается, что дисрегуляторные изменения предшествуют стойким патологическим нарушениям, выражаются в снижении влияния автономной регуляции в условиях истощения саногенетических восстановительных процессов [20–22]. Одним из интегральных показателей, количественно выражающих данные изменения, является адаптационный риск, который вычисляется с использованием основных параметров ВСР.

Представленные в нашей работе результаты по оценке ВСР показывают достоверные отличия между значениями показателей у работников со стажем до 10 лет и старшими стажевыми группами. При этом практически отсутствуют различия в параметрах ВСР между обследуемыми со ста-

жем 10–19 и 20–29 лет, т. е. после 10 лет работы во вредных условиях уже фиксируются стойкие патологические изменения в механизмах нейрогуморальной регуляции и происходит развитие патологических состояний, о чем свидетельствует рост числа лиц с ПАД. Увеличение распространенности артериальной гипертензии у работников в условиях воздействия вредных производственных факторов после 10 лет стажа отмечается и другими исследователями [23, 24]. Но и в группе малостажированных работников у 40,2 % лиц при обследовании уровни АД превышали нормативные значения, у них достоверно чаще регистрируются признаки нарушения нейрогуморальной регуляции СР (снижение общей мощности спектра ВСР, увеличение стресс-индекса), электрической нестабильности сердца.

Неблагоприятное влияние хронического производственного стресса на организм не ограничивается только проявлениями дисрегуляции сократительной функции сердца, но отражается на всех регуляторных и защитных системах организма, приводит к развитию комплексного патологического процесса, ускоряющего манифестацию кардиоваскулярных заболеваний. Подтверждением являются установленные взаимосвязанные изменения между параметрами ВСР и гематологическими показателями, уровнями ХС, глюкозы, микроэлементов в сыворотке крови, а также токсикантов, в частности ФА. Закономерное повышение величины АР связано с негативными изменениями основных характеристик ФС, которые происходят уже при стаже менее 10 лет.

В литературе имеются данные, что дефицит или избыток определенных микроэлементов оказывает влияние на АД через изменение ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и развитие эндотелиальной дисфункции [25]. По результатам нашего исследования были установлены значимые взаимосвязи, подтверждающие влияние микроэлементов, таких как медь, цинк и селен, на состояние регуляторных систем организма и адаптационного потенциала в целом. Изучение роли микроэлементов в регуляции сердечно-сосудистого гомеостаза имеет значение для профилактики ССЗ, включая АГ.

Также целесообразно контролировать уровень ФА в крови работников, который может поступать как из ВРЗ, так и образовываться из эндогенных источников, в частности в результате окислительного дезаминирования метиламина. ФА оказывает повреждающее воздействие на ССС, опосредованное через цитотоксический эффект и активацию симпатической и парасимпатической нервной системы [26].

Таким образом, необходимо продолжить поиск и изучение маркеров ранних проявлений неблагополучия ФС и снижения адаптации на донозологической стадии у работающих в условиях производственного стресса для принятия корректирующих, восстановительных, профилактических мер.

Заключение. Более трети рабочих мест металлургического производства относится к вредному классу третьей степени, что соответствует высокому профессиональному риску. Наибольшее неблагоприятное воздействие на работников оказывает производственный шум, тяжесть труда и нагревающий микроклимат.

Среди металлургов распространены модифицируемые и немодифицируемые факторы риска заболеваний ССС. У 32,6 % при обследовании регистрируется повышенное АД, у 31,1 % – ожирение различной степени выраженности, у 68,5 % – гиперхолестеринемия.

Установленный адаптационный риск у металлургов имеет прямую зависимость от стажа и ассоциируется с неблагоприятными изменениями в организме работников.

Среди работников со стажем менее 10 лет регистрируются признаки неудовлетворительной адаптации к производственному стрессу, связанные с нарушением нейрогуморальной регуляции сердечного ритма и риском повышения АД (увеличением АР более 2 у. е., сокращением ФР, снижением общей мощности спектра ВСР, увеличением SI, ИМТ, ЧСС, нарушением процессов реполяризации миокарда), что является основанием для формирования групп риска нарушения здоровья среди малостажированных металлургов.

Список литературы

- Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Измерова Н.И., Кузьмина Л.П. Труд и здоровье. Москва: Литтерра, 2014. 416 с.
- Бухтияров И.В., Рубцов М.Ю., Юшкова О.И. Профессиональный стресс в результате сменного труда как фактор риска нарушения здоровья работников // Анализ риска здоровью. 2016; 3: 110–121. <http://dx.doi.org/10.21668/health.risk/2016.3.12>
- Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Прокопенко Л.В., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Тихонова Г.И. Физические факторы и стресс // Медицина труда и промышленная экология. 2002. № 8. С. 1–4.
- Тимашева Г.В., Масыгутова Л.М., Валеева Э.Т., Репина Э.Ф. Информативные изменения показателей гомеостаза для оценки индивидуального риска адаптационных нарушений у работников химической промышленности // Клиническая лабораторная диагностика. 2019. Т. 64. № 1. С. 29–33. doi: 10.18821/0869-2084-2019-64-1-29-33
- Методы и приборы космической кардиологии на борту Международной космической станции / Государственный научный центр РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, ООО «Медицинские компьютерные системы». Москва: Рекламно-издательский центр «ТЕХНОСФЕРА», 2016. 368 с.
- Мешков Н.А., Рахманин Ю.А. Методологические аспекты гигиенической оценки адаптивной реакции организма на влияние факторов профессиональной деятельности в системе оценки риска // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 4. С. 387–395. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-387-395
- Байдина А.С., Зайцева Н.В., Костарев В.Г., Устинова О.Ю. Артериальная гипертензия и факторы сердечно-сосудистого риска у работников подземной добычи рудных ископаемых // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 11. С. 945–949. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-945-949
- Мелентьев А.В. Особенности формирования артериальной гипертензии у рабочих промышленных предприятий // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда»: Сборник материалов международной научно-практической конференции, Минск, 14–15 ноября 2019 года / Под общей редакцией Н. П. Жуковой. Минск: Государственное учреждение образования «Республиканский институт высшей школы». 2019. С. 140–141.
- Федина И.Н., Преображенская Е.А., Серебряков П.В., Панкова В.Б. Экстраауральные эффекты при профессиональной тугоухости // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 6. С. 531–536. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-531-536
- Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 7. С. 424–429. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429
- Мулдашева Н.А., Астрелина Т.Н., Каримова Л.К. и др. Внезапная смерть на рабочем месте вследствие общего заболевания на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан // Медицина труда и промышленная экология. 2022. Т. 62. № 2. С. 101–108. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-2-101-108
- Масыгутова Л.М., Абдрахманова Е.Р., Бакиров А.Б. и др. Роль условий труда в формировании профессиональной заболеваемости работников металлургического производства // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 1. С. 47–52. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52
- Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. Москва: Издательство РАМН, 2002. 224 с.
- Bastola MM, Locatis C, Maisiak R, Fontelo P. Selenium, copper, zinc and hypertension: an analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey (2011–2016). *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):45. doi: 10.1186/s12872-020-01355-x
- Gac P, Urbanik D, Pawlas N, et al. Total antioxidant status reduction conditioned by a serum selenium concentration decrease as a mechanism of the ultrasonographically measured brachial artery dilatation impairment in patients with arterial hypertension. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2020;75:103332. doi: 10.1016/j.etap.2020.103332
- Баевский Р.М., Берсенева А.П., Берсенов Е.Ю., Ешманова А.К. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (на примере водителей автобусов) // Физиология человека. 2009. Т. 35. № 1. С. 41–51.
- Миронова Т.Ф., Давыдова Е.В. Предикторы кардиоваскулярной патологии у пациентов с профессиональными заболеваниями. Уральский медицинский журнал. 2018. № 10(165). С. 43–46. doi: 10.25694/URMJ.2018.10.18
- Каранадзе Н.А., Беграббекова Ю.Л., Борисов Е.Н., Орлова Я.А. Ширина распределения эритроцитов

- как предиктор низкой толерантности к физической нагрузке у пациентов с хронической сердечной недостаточностью // Кардиология. 2022. Т. 62. № 4. С. 30–35. doi: 10.18087/cardio.2022.4.n1813
19. Mahdi A, Cortese-Krott MM, Kelm M, Li N, Pernow J. Novel perspectives on redox signaling in red blood cells and platelets in cardiovascular disease. *Free Radic Biol Med*. 2021;168:95–109. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2021.03.020
 20. Мелентьев А.В., Серебряков П.В. Роль физических факторов рабочей среды в формировании артериальной гипертензии // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 692–693. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-692-693
 21. Миронова Т.Ф., Мордас Е.Ю., Шмонина О.Г. Комплексное действие профессиональных неблагоприятных условий и кардиоваскулярный риск // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 4-2. С. 17–23. doi: 10.17116/profmed20192204217
 22. Носов А.Е., Зайцева Н.В., Костарев В.Г., Ивашова Ю.А., Савинков М.А., Устинова О.Ю. Особенности стажевой динамики вариабельности ритма сердца у работников предприятия по переработке калийной руды // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 7. С. 442–450. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-7-442-450
 23. Устинова О.Ю., Носов А.Е., Байдина А.С., Пономарева Т.А., Особенности нейрогенных механизмов развития артериальной гипертензии у работников шахт по добыче хромовой руды // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 11. С. 956–959. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-956-959
 24. Тиунова М.И., Власова Е.М., Носов А.Е., Устинова О.Ю. Влияние производственного шума на развитие артериальной гипертензии у работников металлургических производств // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 4. С. 264–267. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267
 25. Chiu HF, Venkatakrishnan K, Golovinskaia O, Wang CK. Impact of micronutrients on hypertension: Evidence from clinical trials with a special focus on meta-analysis. *Nutrients*. 2021;13(2):588. doi: 10.3390/nu13020588
 26. Zhang Y, Yang Y, He X, et al. The cellular function and molecular mechanism of formaldehyde in cardiovascular disease and heart development. *J Cell Mol Med*. 2021;25(12):5358–5371. doi: 10.1111/jcmm.16602
 - loss. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(6):531–536. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-531-536
 10. Bukhtiyarov IV, Chebotarev AG, Courierov NN, Sokur OV. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(7):424–429. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429
 11. Muldasheva NA, Astrelina TN, Karimova LK, et al. Sudden death in the workplace due to general diseases at Bashkortostan enterprises and organizations. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2022;62(2):101–108. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-2-101-108
 12. Masyagutova LM, Abdrakhmanova ER, Bakirov AB, et al. The role of working conditions in the formation of occupational morbidity of workers in metallurgical production. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(1):47–52. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52
 13. Tutelyan VA, Knyazhev VA, Khotimchenko SA, Golubkina NA, Kushlinsky NE, Sokolov YaA. [Selenium in the Human Body: Metabolism, Antioxidant Properties, the Role in Carcinogenesis.] Moscow: Russian Academy of Medical Sciences Publ.; 2002. (In Russ.)
 14. Bastola MM, Locatis C, Maisiak R, Fontelo P. Selenium, copper, zinc and hypertension: an analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey (2011–2016). *BMC Cardiovasc Disord*. 2020;20(1):45. doi: 10.1186/s12872-020-01355-x
 15. Gać P, Urbanik D, Pawlas N, et al. Total antioxidant status reduction conditioned by a serum selenium concentration decrease as a mechanism of the ultrasonographically measured brachial artery dilatation impairment in patients with arterial hypertension. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2020;75:103332. doi: 10.1016/j.etap.2020.103332
 16. Baevskii RM, Berseneva AP, Bersenev EYu, Eshmanova AK. Use of principles of prenosophological diagnosis for assessing the functional state of the body under stress conditions as exemplified by bus drivers. *Fiziologiya Cheloveka*. 2009;35(1):34–42.
 17. Mironova TF, Davydova EV. Predictors of cardiovascular pathology in patients with occupational diseases. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018;(10(165)):43–46. (In Russ.) doi: 10.25694/URMJ.2018.10.18
 18. Karanadze NA, Begrambekova YuL, Borisov EN, Orlova YaA. Red cell distribution width as a predictor of impaired exercise capacity in patients with heart failure. *Kardiologiya*. 2022;62(4):30–35. (In Russ.) doi: 10.18087/cardio.2022.4.n1813
 19. Mahdi A, Cortese-Krott MM, Kelm M, Li N, Pernow J. Novel perspectives on redox signaling in red blood cells and platelets in cardiovascular disease. *Free Radic Biol Med*. 2021;168:95–109. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2021.03.020
 20. Melentev AV, Serebryakov PV. The role of physical factors of the working environment in the formation of arterial hypertension. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(9):692–693. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-692-693
 21. Mironova TF, Mordas EYu, Shmonina OG. Occupational exposure to a combination of adverse factors and the risk of cardiovascular diseases. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(4-2):17–23. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192204217
 22. Nosov AE, Zaitseva NV, Kostarev VG, Ivashova JA, Savinkov MA, Ustinova OYu. Features of the long-term dynamics of heart rate variability among workers of a potash ore processing enterprise. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(7):442–450. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-7-442-450
 23. Ustinova OYu, Nosov AE, Baydina AS, Ponomareva TA. Features of neurogenic mechanisms of arterial hypertension development in workers of chrome ore mines. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(11):956–959. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-956-959
 24. Tiunova MI, Vlasova EM, Nosov AE, Ustinova OYu. Influence of industrial noise on the development of arterial hypertension in workers of metallurgical manufactures. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(4):264–267. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267
 25. Chiu HF, Venkatakrishnan K, Golovinskaia O, Wang CK. Impact of micronutrients on hypertension: Evidence from clinical trials with a special focus on meta-analysis. *Nutrients*. 2021;13(2):588. doi: 10.3390/nu13020588
 26. Zhang Y, Yang Y, He X, et al. The cellular function and molecular mechanism of formaldehyde in cardiovascular disease and heart development. *J Cell Mol Med*. 2021;25(12):5358–5371. doi: 10.1111/jcmm.16602

References

1. Izmerov NF, Bukhtiyarov IV, Prokopenko LV, Izmerova NI, Kuzmina LP. [Work and Health.] Moscow: Litterra Publ.; 2014. (In Russ.)
2. Bukhtiyarov IV, Rubtsov MYu, Yushkova OI. Occupational stress caused by shift work as a risk factor for workers' health disorders. *Health Risk Analysis*. 2016;(3):103–113. doi: 10.21668/health.risk/2016.3.12
3. Suvorov GA, Pal'tsev YuP, Prokopenko LV, Pokhodzev LV, Rubtsova NB, Tikhonova GI. Physical factors and stress. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2002;(8):1–4. (In Russ.)
4. Timasheva GV, Masyagutova LM, Valeeva ET, Repina EF. Informative changes in indicators of homeostasis to the assessment of individual risk adaptation disorders in workers of the chemical industry. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*. 2019;64(1):29–33. (In Russ.) doi: 10.18821/0869-0804-2019-64-1-29-33
5. Baevsky RM, Orlov OI, eds. [Methods and Instruments of Space Cardiology Onboard the International Space Station.] Russian State Research Center – RAS Institute of Medical and Biological Problems, Medical Computer Systems LLC. Moscow: Technosphaera Publ.; 2016. (In Russ.)
6. Meshkov NA, Rakhmanin YuA. Methodology for environmental health assessment of adaptive response to professional activity factors as part of health risk assessment. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(4):387–395. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-387-395
7. Baydina AS, Zaitseva NV, Kostarev VG, Ustinova OYu. Arterial hypertension and cardiovascular risk factors in employees of underground mining ore minerals. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(11):945–949. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-11-945-949
8. Melentiev AV. [Features of arterial hypertension development in workers of industrial enterprises.] In: Zhukova NP, ed. *Health and Environment: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Minsk, November 14–15, 2019*. Minsk: Republican Institute of Higher Education Publ.; 2019:140–141. (In Russ.)
9. Fedina IN, Preobrazhenskaya EA, Serebryakov PV, Panikova VB. Extraaural effects in the occupational hearing





Гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов

В.Е. Батов, С.М. Кузнецов

ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны Российской Федерации, ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

Резюме

Введение. Профессиональное применение средств индивидуальной защиты предусматривает исключение воздействия на персонал возбудителей контагиозных инфекций, включая COVID-19. При этом кроме риска биологического заражения существует вероятность снижения работоспособности и развития производственно обусловленных заболеваний, связанных с непосредственным негативным влиянием СИЗ на организм работников.

Цель: физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов, используемых медицинским персоналом.

Материалы и методы. Проведена оценка теплового состояния организма у 13 добровольцев в моделируемых условиях климатической камеры «Табай» (Япония). Программа исследований предусматривала физиолого-гигиеническую оценку 4 вариантов костюмов, соответствующих рекомендациям Роспотребнадзора для работы с микроорганизмами I-II группы патогенности. Исследован физиологический ответ системы терморегуляции на тепловую нагрузку по показателям, характеризующим температуру «ядра», температуру «оболочки» и их интегральных показателей (средневзвешенная температура кожи, средневзвешенная температура тела). Физиолого-гигиеническая оценка динамики водно-электролитного обмена и функционального состояния кардиореспираторной системы предусматривала исследование объективных (влаготеря, частота сердечных сокращений) и субъективных (теплоощущения) показателей.

Результаты. Установлено, что в порядке предлагаемого нами ранжирования максимальная тепловая нагрузка на организм при температуре воздуха 25, 30 °C была установлена для варианта костюма из нетканого материала по типу «Тайвек» (Китай). Костюм из полиэфирной ткани с полиуретановым мембранным покрытием (Россия) оказывал менее выраженное влияние на тепловое состояние организма. Костюмы из полимер-вискозной пыленепроницаемой, водоотталкивающей ткани саржевого переплетения (Россия) и из ткани «Барьер 2X» (Россия) характеризовались минимальными значениями температуры «ядра» и «оболочки».

Выводы. Превышение установленных значений теплового состояния организма в нагревающей среде при работе средней степени тяжести характерно для всех типов исследуемых костюмов в допустимых (25 °C) и вредных (30 °C) условиях микроклимата. Для исключения ухудшения функционального состояния организма медицинского персонала необходимо производить корректировку продолжительности работы с учетом варианта используемого защитного комплекта, степени тяжести физической нагрузки и величины показателей микроклимата в производственных помещениях.

Ключевые слова: тепловое состояние, средства индивидуальной защиты, функциональное состояние организма, биологический фактор, медицинский персонал.

Для цитирования: Батов В.Е., Кузнецов С.М. Гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 58–66. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-58-66>

Сведения об авторах:

✉ Батов Вячеслав Евгеньевич – адъюнкт; e-mail: batov_s@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-1950>.

Кузнецов Сергей Максимович – к.м.н., заведующий кафедрой общей и военной гигиены с курсом военно-морской и радиационной гигиены; e-mail: kusnez-s-maks@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5104-5389>.

Информация о вкладе авторов: обзор литературы, получение данных для анализа, анализ и интерпретация результатов, подготовка проекта рукописи: Батов В.Е.; концепция и дизайн исследования, методология, редактирование материала: Кузнецов С.М. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: проведение исследований с участием человека осуществлено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации и одобрено независимым этическим комитетом при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (протокол № 247 от 26 января 2021 г., протокол № 260 от 22 февраля 2022 г.).

Финансирование: исследование проведено в соответствии программой научно-исследовательской работы «Амунция» Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова.

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

Статья получена: 24.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Hygienic Assessment of Personal Protective Equipment against Biological Hazards

Vyacheslav E. Batov, Sergey M. Kuznetsov

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Academician Lebedev Street, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

Summary

Introduction: The professional use of personal protective equipment (PPE) eliminates occupational exposure of personnel to pathogens that cause infectious diseases, including COVID-19. Apart from the risk of exposure to biological hazards, healthcare workers are at risk of impaired work performance and work-related diseases posed by adverse health effects of PPE itself.

Objective: To make a physiological and hygienic assessment of personal protective equipment against biological hazards used by healthcare professionals.

Materials and methods: We evaluated the thermal state of the body in 13 volunteers under simulated conditions of the Tabai temperature and humidity chamber (Japan). The study design included a physiological and hygienic assessment of four variants of protective suits, all compliant with recommendations of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for use when working with microorganisms of risk groups I and II. We studied the physiological response of the thermoregulatory system to heat exposures in terms of indicators characterizing the temperature of the “core”, the temperature of the “shell”, and their integral indicators (weighted mean skin and body temperatures). Changes in the fluid and electrolyte metabolism and the functional state of the cardiorespiratory system were assessed based on objective (sweat and heart rates) and subjective (heat sensation) indicators.

Results: At the air temperatures of 25 and 30 °C, the maximum thermal exposure was registered in the volunteers wearing coveralls made of nonwoven material of the Tyvek type (China). A suit made of polyester fabric with a polyurethane membrane coating (Russia) had a less pronounced effect on the thermal state of the body. The minimum core and shell temperatures were noted for the suits made of polymer-viscose dustproof, water-repellent twill weave fabric (Russia) and Barrier 2X fabric (Russia).

Conclusion: The excess of established values of the thermal state of the body during medium work was observed for all types of the studied suits both in permissible (25 °C) and harmful (30 °C) microclimate conditions. To prevent ill-being of medical personnel, it is necessary to schedule work taking into account the type of PPE used, the intensity of physical activity, and indoor microclimate parameters.

Keywords: thermal exposure, personal protective equipment, functional state of the body, biological hazard, healthcare workers.

For citation: Batov VE, Kuznetsov SM. Hygienic assessment of personal protective equipment against biological hazards. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):58–66. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-58-66>

Author information:

✉ Vyacheslav E. Batov, postgraduate; e-mail: batov_s@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-1950>.

Sergey M. Kuznetsov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of General and Military Hygiene, with a course in Naval and Radiation Hygiene; e-mail: kusnez-s-maks@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5104-5389>.

Author contributions: study conception and design: Kuznetsov S.M.; data collection, analysis and interpretation of results, literature review, draft manuscript preparation: Batov V.E. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The research involving humans was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association and approved by an independent Ethics Committee of S.M. Kirov Military Medical Academy (Minutes No. 247 of January 26, 2022; Minutes No. 260 of February 22, 2022).

Funding: The study was conducted in accordance with the research program “Ammunition” of S.M. Kirov Military Medical Academy.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 24, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. В условиях распространения пандемии COVID-19 возникла проблема сохранения здоровья медицинского персонала путем реализации профилактических мероприятий, направленных на предотвращение развития профессиональных заболеваний [1–4]. В период пандемии 2020 года второе ранговое место в структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора заняли заболевания, связанные с действием биологических факторов¹ [5]. Комплекс профилактических мероприятий включает недопущение инфицирования медицинского персонала, что достигается в том числе применением средств индивидуальной защиты от биологических факторов (далее – СИЗ) [6, 7].

Рекомендации ВОЗ при работе с патогенными микроорганизмами определяют необходимость использования СИЗ по типу противочумных костюмов². Костюмы обеспечивают надежную защиту, однако медицинский персонал при их использовании испытывает дискомфорт, отмечает ухудшение функционального состояния организма и снижение работоспособности, связанные с нарушением теплового обмена организма и эргономическими характеристиками [8–13].

Нагревающий микроклимат, физическая нагрузка, необходимость применения спецодежды продолжительное время приводят к напряжению деятельности систем организма, обеспечивающих его температурный гомеостаз [14–16].

Повышение температуры окружающего воздуха до значений, близких к температуре тела человека, приводит к снижению эффективности «сухих» путей теплоотдачи (радиацией, конвекцией, кондукцией) и увеличению роли отведения тепла за счет испарения, которое блокируется применяемыми СИЗ [17–19]. Эффективность испарения напрямую зависит от качества и характеристик

(воздухопроницаемость, паропроницаемость) материалов, применяемых для изготовления СИЗ [20–23]. Однако регламентируемое время использования, установленное для всех вариантов костюмов (не более 4 часов)³, не учитывает характеристики материалов и комплектацию защитного изделия. Таким образом, становится актуальной гигиеническая оценка непосредственного влияния СИЗ на функциональное состояние организма и, как следствие, на качество выполнения профессиональной деятельности медицинскими работниками.

Цель: физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов, используемых медицинским персоналом.

Материалы и методы. Исследования проведены в условиях климатической камеры с моделированием трудовой деятельности медицинского персонала (тяжести физической нагрузки) и температурного режима производственных помещений в теплый и холодный период года. В эксперименте приняли участие 13 практически здоровых добровольцев-мужчин в возрасте 20–35 лет, индекс массы тела от 21,2 до 26,6. Эксперимент проводился в климатической камере «Табай» (Япония) при температуре воздуха 25, 30 °C, относительной влажности воздуха не более 75 %, скорости движения воздуха не более 0,4 м/с.

Дозированная физическая нагрузка соответствовала средней степени тяжести (категория работ IIa, 175–232 Вт), что моделировалось выполнением степ-теста⁴. Высота ступени составляла 0,24 м. Режим исследования предусматривал чередование двадцатиминутной нагрузки с частотой 20 подъемов в минуту. Указанный ритм подъемов и спусков задавался с помощью метронома. Общая продолжительность эксперимента составляла 4 часа, что соответствовало рекомендуемому времени использования СИЗ. Каждый час включал цикл

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.

² Временное руководство ВОЗ от 23.12.2020 «Рациональное использование средств индивидуальной защиты при COVID-19 и соображения применительно к ситуации их острой нехватки».

³ МР 3.1.0229–21 «Рекомендации по организации противоэпидемических мероприятий в медицинских организациях, осуществляющих оказание медицинской помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) (подозрением на заболевание) в стационарных условиях».

⁴ ГОСТ 12.4.061–88 «Методы определения работоспособности в средствах индивидуальной защиты».

физической нагрузки — 20 минут, умственную нагрузку в виде решения психофизиологических тестов — 20 минут и период отдыха — 20 минут.

Добровольцы испытывали 4 типа комплектов СИЗ: № 1 — из полимер-вискозной пыленепроницаемой, водоотталкивающей ткани саржевого переплетения (Россия); № 2 — из полиэфирной ткани с полиуретановым мембранным покрытием (Россия); № 3 — из ткани «Барьер 2Х» (Россия); № 4 — из нетканого материала по типу «Тайвек» плотностью 35 г/м (Китай)⁵. Все костюмы имели регистрационные удостоверения и допущены к применению на территории Российской Федерации как медицинские изделия.

Дополнительно в комплекте с костюмами использовались 2 пары хирургических нитриловых перчаток на каждую руку, очки защитные закрытые, респиратор класса FFP2 (KN95), за исключением комплекта № 1, в состав которого для защиты органов дыхания включен шлем с панорамным стеклом и противоаэрозольным фильтром (ФСУ-МБ).

Использовали хлопчатобумажное нижнее белье и носки, одинаковое для всех добровольцев, летнюю обувь типа кроссовок.

В процессе исследований оценивались изменения теплового состояния организма испытуемых согласно МУК 4.3.1895—04⁶.

Реакция системы терморегуляции на тепловую нагрузку изучалась по показателям: ректальная температура (°C), температура кожи (°C) и ее интегральные показатели (средневзвешенная температура кожи (°C), далее — СВТК, средневзвешенная температура тела (°C), далее — СВТТ), величина влагопотери (г/ч), частота сердечных сокращений (уд./мин, далее — ЧСС) и теплоощущения (балл).

Температура «оболочки» в 11 точках и температура «ядра» регистрировались каждые 10 минут с использованием комплекта мониторинга термофизиологических показателей человека КМТП-01 производства ООО «Спецмедтехника», г. Санкт-Петербург (погрешность измерения $\pm 0,05$ °C).

Измерение частоты сердечных сокращений производилось с помощью нагрудного ремня Polar с беспроводной регистрацией и передачей сигнала сердечного ритма в режиме мониторинга на протяжении всего исследования.

Влагопотери определяли путем взвешивания каждого элемента экипировки и добровольцев без одежды на медицинских весах до и после эксперимента. В качестве интегральной характеристики гигиенических свойств комплекта СИЗ, влияющей на теплообмен организма, рассчитывалась эффективность испарения пота (%).

Теплоощущения оценивались по семибалльной шкале: холодно, прохладно, слегка прохладно, комфортно, слегка тепло, тепло, жарко.

Количественные данные с нормальным распределением в работе представлены как $M \pm \sigma$, где M — среднее, σ — стандартное отклонение при уровне значимости 95 % ($p < 0,05$). Проверка нормальности данных выполнялась с помощью критерия Шапиро — Уилка.

Корреляционная зависимость оценивалась исходя из коэффициента корреляции: $r < 0,3$ — слабая прямая связь; $0,3 < r < 0,7$ — умеренная прямая связь; $r > 0,7$ — сильная прямая связь; $r < -0,3$ — слабая обратная связь; $-0,3 < r < -0,7$ — умеренная обратная связь; $r > -0,7$ — сильная обратная связь.

Оценка теплового состояния организма в эксперименте (ректальная температура, СВТК, СВТТ, эффективность испарения пота) производилась с применением дисперсионного анализа для зависимых выборок.

Результаты. В соответствии с программой исследования в эксперименте моделировалась тепловая нагрузка с допустимыми значениями производственного микроклимата (25 °C) и в ситуации, характерной для вредных условий, с превышением этих показателей (30 °C).

Полученные результаты теплового состояния организма добровольцев в СИЗ при температуре воздуха 25 °C, 30 °C представлены в таблице.

Анализ результатов свидетельствует, что исследуемые варианты костюмов оказывали различное влияние на тепловое состояние организма добровольцев как при температуре воздуха 25 °C, так и 30 °C.

Значимые различия ректальной температуры установлены для всех костюмов при 25 °C. Повышение температуры наружного воздуха до 30 °C выявило различия между костюмом № 4 и всеми костюмами ($p < 0,001$). Между тем моделируемые микроклиматические условия при 30 °C не показали достоверных различий температуры «ядра» в образцах № 2 и № 3 ($p = 0,39$) и образцах № 1 и 3 ($p = 0,12$).

Показатели СВТК и СВТТ при температуре воздуха 25 °C и 30 °C имели различия для № 2 и 4 костюмов ($p < 0,001$), и не различались у № 1 и 3 костюмов ($p = 0,22$).

Исследования показали, что наиболее высокую нагрузку на тепловое состояние оказывал костюм № 4 при температуре воздуха 30 °C со средними значениями ректальной температуры 37,8 °C (95 % ДИ: 37,8–38,1), СВТК — 35,4 °C (95 % ДИ: 34,5–36,2) и СВТТ — 37,3 °C (95 % ДИ: 36,9–37,7), костюм № 2 занимал второе ранговое место со значениями температуры «ядра» 37,5 °C (95 % ДИ: 37,29–37,71), СВТК — 34,12 °C (95 % ДИ: 33,53–34,71) и СВТТ — 36,75 °C (95 % ДИ: 36,35–37,15). Костюмы № 1, 3 имели меньшие значения температуры «ядра» и «оболочки», что выразилось в значимо низкой тепловой нагрузке на организм испытуемых.

Анализ динамики показателей теплового состояния показывает закономерные изменения в фазах нагрузки, умственной работы и отдыха. Результаты сравнительной оценки теплового состояния организма испытуемых с учетом времени нахождения в костюмах представлены на рис. 1–3.

Анализ показателей теплового состояния, представленный на рис. 1–3, свидетельствует об отсутствии значимых различий ректальной температуры, СВТК и СВТТ в течение первых

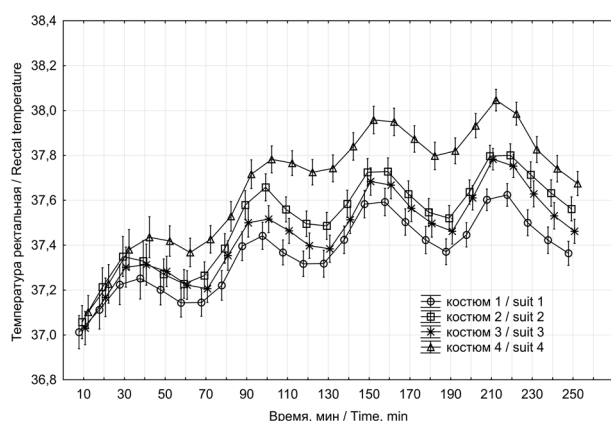
⁵ МР 3.1/3.5.0170/5–20 «Рекомендации по использованию и обработке защитной одежды и средств индивидуальной защиты при работе в контакте с больными COVID-19 (подозрительными на заболевание) либо при работе с биологическим материалом от таких пациентов», утв. Руководителем Роспотребнадзора, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 09 апреля 2020 г.

⁶ МУК 4.3.1895—04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 3 марта 2004 г.).

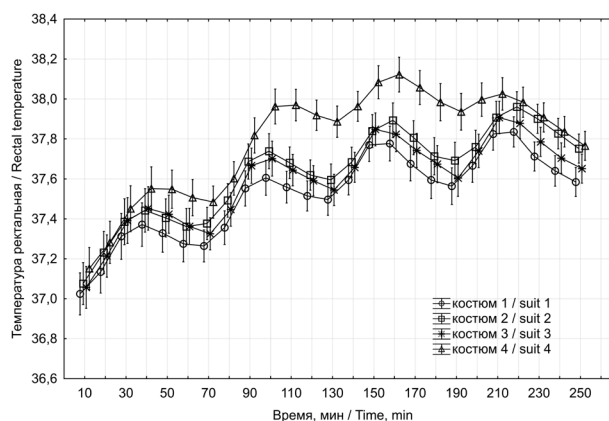
Таблица. Тепловое состояние организма при выполнении средней нагрузки в защитных костюмах, $M \pm \sigma$

Table. Thermal state of the body when performing medium work in protective suits, $M \pm \sigma$

Исследуемые показатели / Parameters	Номер защитного костюма / Protective suit number			
	1	2	3	4
Температура воздуха / Air temperature, $25,39 \pm 0,05$ °C				
Относительная влажность воздуха / Relative humidity, %	$31,79 \pm 11,28$			
V воздуха, м/с / Air velocity, m/s	$0,27 \pm 0,08$			
ТНС-индекс, °C / Heat index, °C	$19,7 \pm 1,4$			
Температура ректальная, °C / Rectal temperature, °C	$37,36 \pm 0,19$	$37,5 \pm 0,21$	$37,45 \pm 0,22$	$37,68 \pm 0,27$
СВТК, °C / Weighted mean skin temperature, °C	$33,89 \pm 0,59$	$34,16 \pm 0,58$	$33,75 \pm 0,64$	$34,46 \pm 0,68$
СВТТ, °C / Weighted mean body temperature, °C	$36,59 \pm 0,39$	$36,78 \pm 0,4$	$36,62 \pm 0,45$	$37 \pm 0,49$
Теплосодержание, кДж/кг / Internal energy, kJ/kg	$127,3 \pm 1,38$	$127,9 \pm 1,41$	$127,5 \pm 1,6$	$128,8 \pm 1,7$
Интенсивность выделения пота, г/ч / Sweat rate, g/h	$233,6 \pm 27,2$	$226,9 \pm 31,4$	$247,1 \pm 26,1$	$242,3 \pm 50,9$
Задержка пота в экипировке, г / Sweat retention in equipment, g	$82,5 \pm 22,3$	$104,2 \pm 27,8$	$63,4 \pm 17,2$	$157,2 \pm 59,7$
Эффективность испарения пота, % / Efficiency of sweat evaporation, %	$91,2 \pm 2,2$	$88,6 \pm 2,4$	$93,6 \pm 1,7$	$84 \pm 4,4$
ЧСС, уд./мин / Heart rate, beats per min	$102,3 \pm 23,7$	$104,6 \pm 22,5$	$101,7 \pm 21,9$	$107,9 \pm 22$
Температура воздуха / Air temperature, $30,3 \pm 0,2$ °C				
Относительная влажность воздуха / Relative humidity (%)	$36,1 \pm 13,7$			
V воздуха, м/с / Air velocity, m/s	$0,27 \pm 0,08$			
ТНС-индекс, °C / Heat index, °C	$22,9 \pm 2$			
Температура ректальная, °C / Rectal temperature, °C	$37,52 \pm 0,23$	$37,63 \pm 0,27$	$37,59 \pm 0,26$	$37,79 \pm 0,32$
СВТК, °C / Weighted mean skin temperature, °C	$34,32 \pm 0,64$	$34,79 \pm 0,62$	$34,46 \pm 0,72$	$35,35 \pm 0,88$
СВТТ, °C / Weighted mean body temperature, °C	$36,82 \pm 0,39$	$37,06 \pm 0,34$	$36,92 \pm 0,39$	$37,3 \pm 0,42$
Теплосодержание, кДж/кг / Internal energy, kJ/kg	$128,12 \pm 1,37$	$128,97 \pm 1,18$	$128,49 \pm 1,35$	$129,79 \pm 1,46$
Интенсивность выделения пота, г/ч / Sweat rate, g/h	$323,1 \pm 58,6$	$327,9 \pm 65,6$	$301 \pm 56,5$	$307,7 \pm 64,3$
Задержка пота в экипировке, г / Sweat retention in equipment, g	$122,6 \pm 35,3$	$183,2 \pm 69,9$	$79,4 \pm 27,6$	$292,6 \pm 136,1$
Эффективность испарения пота, % / Efficiency of sweat evaporation, %	$90,5 \pm 2$	$86,2 \pm 3,7$	$93,2 \pm 2,6$	$76,7 \pm 8,3$
ЧСС, уд./мин / Heart rate, beats per min	$107,2 \pm 24,5$	$109,3 \pm 24$	$106,6 \pm 24,3$	$113,4 \pm 22,3$

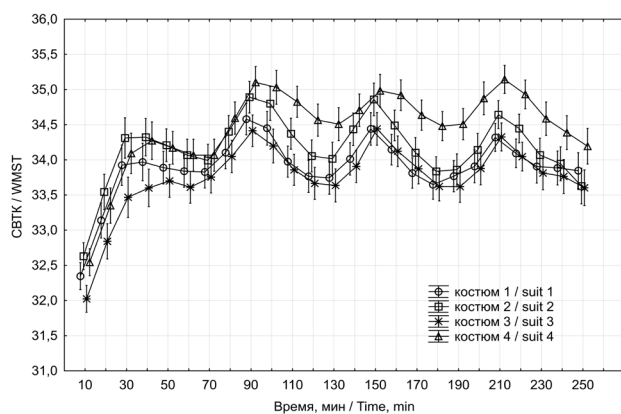


а) температура воздуха 25 °C
a) air temperature 25 °C

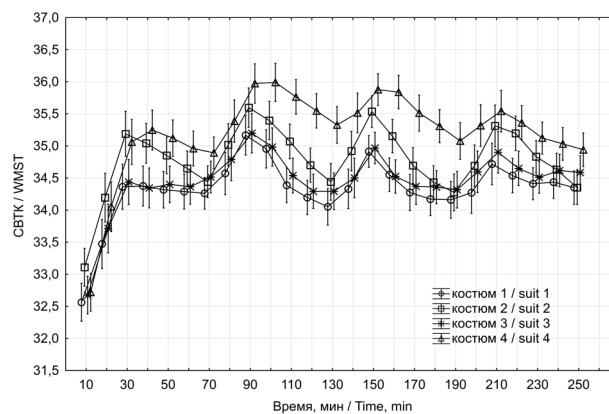


в) температура воздуха 30 °C
b) air temperature 30 °C

Рис. 1. Динамика ректальной температуры с циклами выполнения физической, умственной нагрузки и отдыха
Fig. 1. Changes in rectal temperature during the cycles of physical activity, mental activity, and rest



а) температура воздуха 25 °C
a) air temperature 25 °C



в) температура воздуха 30 °C
b) air temperature 30 °C

Рис. 2. Динамика СВТК с циклами выполнения физической, умственной нагрузки и отдыха
Fig. 2. Changes in the weighted mean skin temperature (WMST) during the cycles of physical activity, mental activity, and rest

Fig. 2. Changes in the weighted mean skin temperature (WMST) during the cycles of physical activity, mental activity, and rest

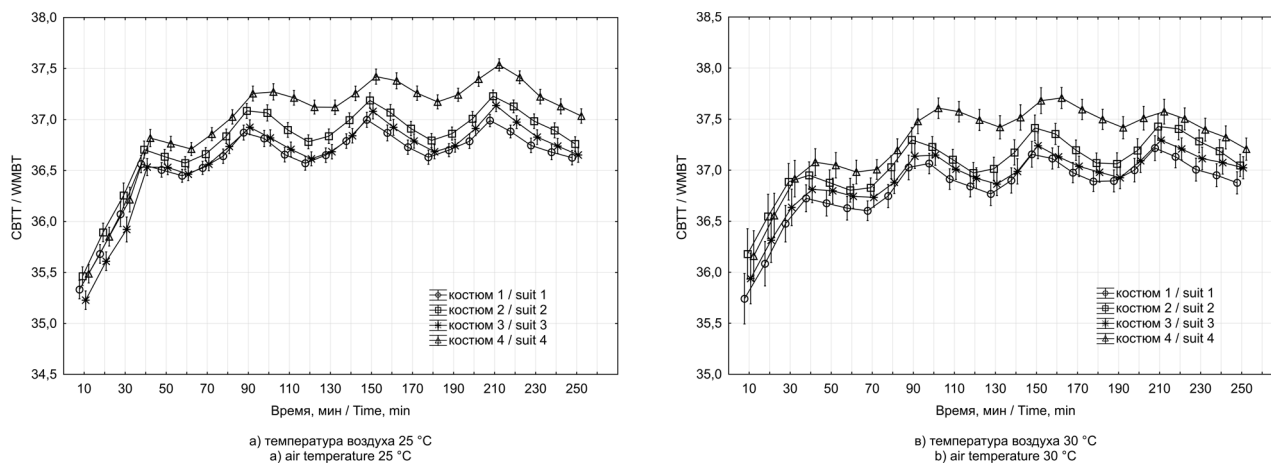


Рис. 3. Динамика СВТТ с циклами выполнения физической, умственной нагрузки и отдыха

Fig. 3. Changes in the weighted mean body temperature (WMBT) during the cycles of physical activity, mental activity, and rest

60 минут эксперимента при использовании различных образцов костюмов, что объективно отражает период встраиваемости организма и повышения теплопродукции. Однако зарегистрированы изменения показателей теплового состояния в интервале 60–250 минут как при 25, так и 30 °C. В последующие периоды физической нагрузки и отдыха наблюдалась положительная динамика показателей ректальной температуры, СВТК и СВТТ, что свидетельствовало о формировании положительного теплового баланса в организме за счет снижения эффективности теплоотдачи. Более высокий уровень положительного теплового баланса организма отмечался при исследовании костюма № 4 с установленными максимальными значениями: ректальная температура (25–38,17 °C; 30–38,44 °C), СВТК (25–35,38 °C; 30–36,95 °C), СВТТ (25–37,64 °C; 30–37,96 °C).

Параллельно на графиках отмечено снижение показателей теплового состояния организма при 30 °C в костюме № 4 с третьего часа эксперимента. Это обусловлено достижением предельных значений ЧСС в эксперименте (160 уд./мин) и отстранением испытуемых от выполнения физической нагрузки на завершающем этапе исследования. В ходе фазы физической нагрузки у 12 добровольцев из 13 зарегистрированы предельные показатели ЧСС

на 3–4-м часу экспозиции. Повышение ЧСС до критических значений для комплекта № 4 при одинаковой физической нагрузке у всех типов костюмов служит объективным подтверждением реакции сердечно-сосудистой системы на накопление тепла в организме.

Потоотделение как ведущий показатель теплоотдачи характеризует эффективность теплового баланса организма. Интенсивность выделения пота при температуре 25 °C для всех типов костюмов ($237,5 \pm 35,2$) была ниже ($p < 0,001$), чем при 30 °C ($314,9 \pm 60,5$). В то же время не выявлено значимых различий по интенсивности выделения пота между разными типами костюмов ($p = 0,34$). Однако установлено, что эффективность испарения пота имела значимые различия ($p < 0,001$) в отношении всех экспериментальных образцов при эксплуатации в моделируемых температурных режимах (рис. 4).

Эффективность испарения пота для костюмов № 1, 3 достигала значений 91–93 %, что способствовало лучшему отведению тепла и отражалось в более низких показателях теплового состояния. В костюме № 2 значение данного показателя составляло 88,6 % (95 % ДИ: 86,2–91) при 25 °C и 86,2 % (95 % ДИ: 82,5–89,9) при 30 °C наружного воздуха. В костюме № 4 эффективность испарения

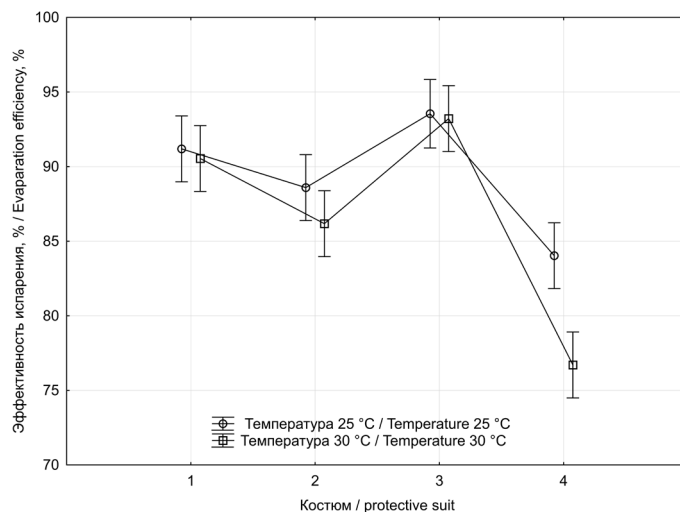


Рис. 4. Показатели эффективности испарения пота (%)

Fig. 4. Sweat evaporation efficiency indicators (%)

составила 84 % (95 % ДИ: 79,6–88,4) и 76,7 % (95 % ДИ: 68,4–85 %) соответственно для 25 и 30 °С.

Установлено, что с повышением температуры воздуха эффективность испарения в костюмах № 1 ($p = 0,24$), № 2 ($p = 0,07$), № 3 ($p = 0,36$) значимо не менялась, напротив, в костюме № 4 ($p = 0,003$) отмечалась тенденция к ее снижению. Полученные результаты прежде всего свидетельствуют о блокировании основного пути отведения тепла при высоких температурах (30 °С) за счет испарения, что привело к росту всех показателей теплового состояния организма добровольцев при эксплуатации костюма № 4.

Оценка теплового состояния организма в том числе была проведена по субъективным теплоощущениям добровольцев. Более высокие значения показателей регистрировались при температуре воздуха 30 °С, преимущественно в категории «тепло», «жарко», со средней оценкой для костюма № 1 – $5,52 \pm 1,00$ балла, костюма № 2 – $5,6 \pm 1,10$ балла, костюма № 3 – $5,37 \pm 1,22$ балла, костюма № 4 – $5,71 \pm 1,36$ балла. При этом значения теплового состояния организма добровольцев коррелировали с их теплоощущениями и показали умеренную прямую связь.

Динамика средних значений температуры ядра, СВТК и СВТТ организма испытуемых была изучена по времени достижения допустимого теплового состояния для четырехчасовой продолжительности рабочей смены с нагрузкой средней степени тяжести (Тр – 37,6 °С, СВТК – 34,3 °С, СВТТ – 36,7 °С)⁷. Использование защитных костюмов приводило к превышению допустимых значений и накоплению тепла в организме.

Анализ результатов, представленных на рис. 5, свидетельствует, что четырехчасовая работа средней степени тяжести при температуре воздуха 25 °С в защитной одежде приводит к достижению допустимых показателей теплового состояния (СВТК, СВТТ) при эксплуатации всех исследуемых костюмов. Минимальное время работы в костюме № 4 составляло 40 минут по показателю СВТТ. Максимальное время до момента достижения допустимых величин по ректальной температуре – 220 минут для комплекта № 1.

Оценка данных, представленных на рис. 6, свидетельствует об аналогичной тенденции достижения установленных значений теплового состояния организма для 25 и 30 °С. Показатели превышали допустимые значения в диапазоне 30–100 минут эксплуатации. Превышение допустимых значений у варианта костюма № 4 наступало раньше, чем у других комплектов, и соответствовало диапазону 30–80 минут.

Избыточное теплонакопление при использовании защитных костюмов приводило к увеличению ЧСС у всех вариантов костюмов с превышением допустимых значений (Δ ЧСС 24 уд./мин) при 25, 30 °С (таблица). Более выраженная реакция сердечно-сосудистой системы по показателям ЧСС ($113,4 \pm 22,3$ уд./мин) зарегистрирована при исследовании костюма № 4 как объективное подтверждение максимальной термической нагрузки на организм.

Обсуждение. По данным современной научной литературы деятельность медицинского персонала в большей мере осуществляется в допустимых и оптимальных условиях микроклимата [24–27].

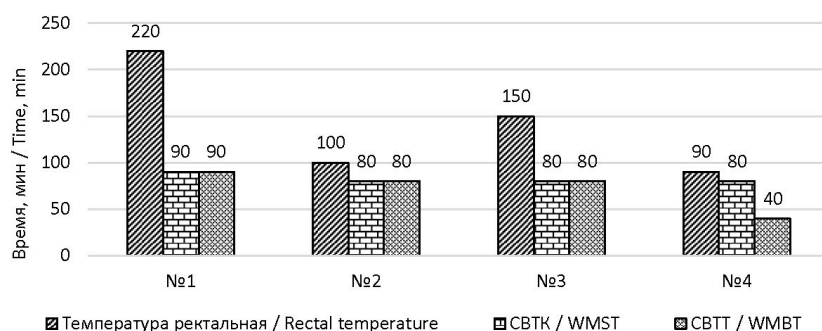


Рис. 5. Время достижения допустимого теплового состояния для четырехчасовой работы при 25 °С

Fig. 5. Thermal tolerance time for 4 hours' work at 25 °C

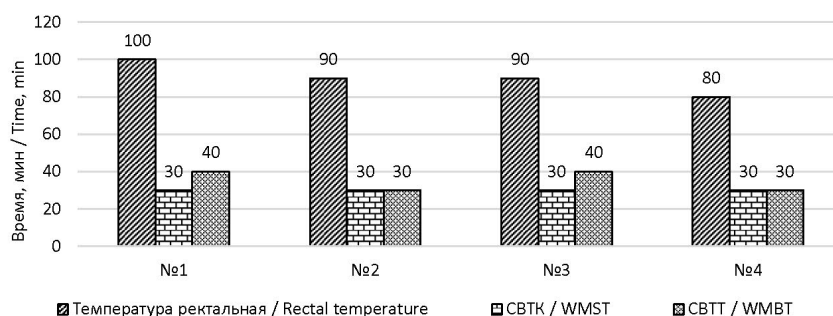


Рис. 6. Время достижения допустимого теплового состояния для четырехчасовой работы при 30 °С

Fig. 6. Thermal tolerance time for 4 hours' work at 30 °C

⁷ МР 2.2.8.0017–10 «Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года», утв. Руководителем Роспотребнадзора, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 28 декабря 2010 г.

Согласно установленным критериям медицинский персонал относится к категории работников преимущественно умственного труда, за исключением участков врачей, хирургов и медсестер, которые попадают в группу работников, занятых легким трудом⁸. По уровню энерготрат деятельность медицинских работников соответствует категории Ib (140–174 Вт). Подобная деятельность характеризуется проведением рабочих операций сидя, стоя или перемещаясь, при незначительной физической нагрузке. Однако в условиях пандемии физическая нагрузка на персонал повышалась за счет длительности смен, количества перемещаемого или переносимого груза, проходимого расстояния, что относит труд медиков в категорию средней тяжести IIa (175–232 Вт) [19]. Эта категория характеризуется постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя, требующим определенного физического напряжения. Допустимые значения температуры воздуха на рабочем месте данной категории персонала включают диапазон температур – 22,1–27 °C⁹. Вместе с тем в период пандемии в лечебно-профилактических организациях были зарегистрированы случаи превышения температуры воздуха помещений в теплый период времени, связанные с ограничением в режиме эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования. Это положено в основу эксперимента при моделировании условий труда и обосновании температурных режимов воздуха – 25 и 30 °C.

Ряд авторов указывают на связь между тепловым воздействием на организм и нарушением деятельности центральной нервной системы [22], что может приводить к снижению качества работы при выполнении профессиональной деятельности медицинского персонала [13]. Проведенный эксперимент позволил определить напряжение терморегуляции с использованием всех выбранных типов костюмов для установленных температурных режимов, включающих допустимые и вредные показатели микроклимата.

Исследования позволили выявить превышение допустимых значений теплового состояния при работе средней степени тяжести в течении первых двух часов эксперимента. Ранее Лосик Т.К. и соавт. при проведении натурных исследований получили аналогичные результаты. Эксплуатация костюма «Тайвек 600» в «красной зоне» при значениях температуры воздуха 25 °C через 3 часа приводила к превышению нормативов по средневзвешенной температуре кожи [19]. Результаты натурных исследований соотносились со значениями, полученными в нашем эксперименте. При этом в эксперименте были установлены достоверные отличия в достижении допустимых значений теплового состояния организма как для разных типов костюмов, так и для различных режимов температуры воздуха. Наиболее выраженная динамика достижения критичных величин изучаемых показателей фиксировалась для изделия № 4, тогда как в изделиях № 1–3 период превышения нормативных значений был более длительным.

Аналогичная динамика наблюдалась и при температуре 30 °C, однако абсолютные значения по времени были гораздо короче.

Проведенные экспериментальные исследования позволили изучить не только влияние СИЗ на превышение допустимых значений теплового состояния, но и проранжировать костюмы по степени воздействия на функциональное состояние организма. На настоящий момент разработаны математические модели, позволяющие оценить защитную одежду по показателям теплового состояния с учетом комплекса факторов среды и трудового процесса. Результаты расчетов можно использовать для прогнозирования влияния средств защиты на тепловое состояние при их разработке и изготовлении [21]. Однако оценить весь комплекс факторов, влияющих на функциональное состояние, позволяет проведение натурных или экспериментальных исследований. Исследуемые костюмы различались по комплектации и тепло-влажностно-воздухопроницаемости используемых материалов. Установлено, что наиболее высокую нагрузку на тепловое состояние оказал костюм № 4. Костюм № 2 занимал второе ранговое место, а костюмы № 1, 3 имели меньшие значения температуры «ядра» и «оболочки», что выразилось в значимо низкой тепловой нагрузке на организм испытуемых. Динамика эффективности испарения пота при разных температурных режимах позволила выявить тенденцию к ухудшению данного показателя в отношении костюма из ткани «Тайвек», что в данном случае говорит об истощении или возможном блокировании функциональных возможностей теплоотдачи организма.

Таким образом, моделирование условий эксплуатации СИЗ в период пандемии, позволило установить степень влияния защитной одежды на тепловое состояние организма добровольцев. Полученные результаты соотносятся с ранее проведенными исследованиями и в дополнение к ним позволяют осуществить дифференцированный подход при выборе исследованных защитных изделий.

Выводы

1. Костюмы из полимер-вискозной пыленепроницаемой, водоотталкивающей ткани саржевого переплетения и ткани «Барьер 2Х» оказывали наименьшую нагрузку на тепловое состояние организма испытуемых в эксперименте. Комплект из нетканого материала по типу «Тайвек», массово распространенный в пандемию, вызывал выраженное нарушение терморегуляции организма, характеризующееся критическими значениями температуры «ядра», «оболочки», частоты сердечных сокращений.

2. Установлена высокая эффективность испарения пота для комплектов из полимер-вискозной пыленепроницаемой, водоотталкивающей ткани саржевого переплетения и ткани «Барьер 2Х» на уровне 91–93 %. В костюме из полиэфирной ткани с полиуретановым мембранным покрытием значение данного показателя было ниже и составляло 86,2 и 88,6 % соответственно для 25

⁸ МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утв. Федеральной службой по защите прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.

⁹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 21 января 2021 г.

и 30 °С температуры наружного воздуха. В костюме из нетканого материала по типу «Тайвек» установлена эффективность испарения 84 % (25 °С) и 76,7 % (30 °С). Повышение температуры воздуха выявило тенденцию к снижению эффективности испарения для костюма из материала «Тайвек», что не отмечено в отношении остальных комплектов защитной одежды.

3. Превышение установленных значений теплового состояния организма работников в нагревающей среде при работе средней степени тяжести характерно для всех типов исследуемых костюмов в допустимых (25 °С) и вредных (30 °С) условиях микроклимата. Для исключения ухудшения функционального состояния организма медицинского персонала необходимо производить корректировку продолжительности работы с учетом варианта используемого защитного комплекта, степени тяжести физической нагрузки и величины показателей микроклимата в производственных помещениях.

Список литературы

1. Атьков О.Ю., Горохова С.Г., Пфаф В.Ф. Коронавирусная инфекция — новая проблема в профессиональной заболеваемости медицинских работников // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 1. С. 40–48. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-40-48
2. Горблянский Ю.Ю., Конторович Е.П., Понамарева О.П., Волынская Е.И. Профессиональные аспекты новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 2. С. 103–114. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114
3. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Пфаф В.Ф. Пандемия COVID-19: проблемы медицины труда работников здравоохранения // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 1. С. 49–61. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-49-61
4. Крюков Е.В., Тришкин Д.В., Иванов А.М. и др. Эпидемиологическое исследование коллективного иммунитета против новой коронавирусной инфекции среди разных групп военнослужащих // Вестник Российской академии медицинских наук. 2021. Т. 76. № 6. С. 661–668. doi:10.15690/vramn1583
5. Гарипова Р.В., Стрижаков Л.А., Умбетова К.Т., Сафина К.Р. Профессиональные заболевания медицинских работников от воздействия инфекционных агентов: современное состояние проблемы // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 1. С. 13–17. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17
6. Lan F-Y, Fernandez-Montero A, Kales SN. COVID-19 and healthcare workers: emerging patterns in Pamplona, Asia and Boston. *Occup Med (Lond)*. 2020;70(5):340–341. doi: 10.1093/occmed/kqaa089
7. Hignett S, Welsh R, Banerjee J. Human factors issues of working in personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. *Anaesthesia*. 2021;76(1):134–135. doi: 10.1111/anae.15198
8. Saran S, Gurjar M, Baronia A, et al. Personal protective equipment during COVID-19 pandemic: a narrative review on technical aspects. *Expert Rev Med Devices*. 2020;17(12):1265–1276. doi: 10.1080/17434440.2020.1852079
9. Кузин А.А., Юманов А.П., Дегтярев А.А., Еремин Г.Г. Особенности применения средств индивидуальной защиты в очагах новой коронавирусной инфекции // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19. № 6. С. 4–7. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-6-4-7
10. Zhao Y, Liang W, Luo Y, et al. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicentre of COVID-19. *Clin Microbiol Infect*. 2020;26(12):1716–1718. doi: 10.1016/j.cmi.2020.07.029
11. Park SH. Personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 pandemic. *Infect Chemother*. 2020;52(2):165–182. doi: 10.3947/ic.2020.52.2.165
12. Verbeek JH, Rajamaki B, Ijaz S, et al. Personal protective equipment for preventing highly infectious diseases due to exposure to contaminated body fluids in healthcare staff. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;7(7):CD011621. doi: 10.1002/14651858.CD011621.pub3
13. Loibner M, Hagauer S, Schwantzer G, Berghold A, Zatloukal K. Limiting factors for wearing personal protective equipment (PPE) in a health care environment evaluated in a randomised study. *PLoS One*. 2019;14(1):e0210775. doi: 10.1371/journal.pone.0210775
14. Лосик Т.К., Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И. Физиолого-гигиеническая оценка теплового состояния военнослужащих, выполняющих непрерывную физическую работу в нагревающем микроклимате // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 10. С. 41–45.
15. Agarwal A, Agarwal S, Motiani P. Difficulties encountered while using PPE kits and how to overcome them: An Indian perspective. *Cureus*. 2020;12(11):e11652. doi: 10.7759/cureus.11652
16. Hancock PA, Vasmatazidis I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *Int J Hyperthermia*. 2003;19(3):355–372. doi: 10.1080/0265673021000054630
17. Vidua RK, Chouksey VK, Bhargava DC, Kumar J. Problems arising from PPE when worn for long periods. *Med Leg J*. 2020;88(1_suppl):47–49. doi: 10.1177/0025817220935880
18. Марченков А.П., Филиппов И.В. Производственный микроклимат, теплообмен и терморегуляция организма человека // Вестник НЦ БЖД. 2011. № 4 (10). С. 19–22.
19. Лосик Т.К., Иванов И.В., Конюхов А.В. Физиолого-гигиеническое обоснование профилактических мероприятий для медицинского персонала, работающего в средствах индивидуальной защиты от COVID-19 и других биологических факторов // Военно-медицинский журнал. 2021. Т. 342. № 11. С. 58–66. doi: 10.52424/00269050_2021_342_11_58
20. Coca A, Quinn T, Kim JH, et al. Physiological evaluation of personal protective ensembles recommended for use in West Africa. *Disaster Med Public Health Prep*. 2017;11(5):580–586. doi: 10.1017/dmp.2017.13
21. Афанасьева Р.Ф., Лосик Т.К., Бессонова Н.А., Константинов Е.И., Бурмистрова О.В. Прогнозирование влияния гигиенических свойств материалов спецодежды на функциональное состояние работающих в нагревающей среде // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 27.
22. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды для защиты работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 12. С. 1013–1019. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
23. Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Бессонова Н.А. и др. Влияние некоторых показателей теплофизических свойств материалов спецодежды на тепловое состояние работающих в нагревающей среде // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 27–28.
24. Дубель Е.В., Унгурияну Т.Н. Гигиеническая оценка условий труда медицинского персонала клинических и параклинических отделений стационара // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 53–57. doi: 10.18821/0016-99002016-95-1-53-57
25. Бухтияров И.В. Эпидемиологические и клинико-экспертные проблемы профессиональной инфекционной заболеваемости работников при оказании медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 1. С. 4–12. doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-4-12

26. Бектасова М.В., Кику П.Ф., Шепарев А.А. Факторы риска в процессе трудовой деятельности медицинских работников // Дальневосточный медицинский журнал. 2019. № 2. С. 73–78. doi: 10.35177/1994-5191-2019-2-73-78
27. Вазенина А.А., Транковская Л.В., Анищенко Е.Б. Условия труда работников испытательного лабораторного центра учреждения Роспотребнадзора // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 4. С. 418–423. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-418-423

References

1. Atkov OYu, Gorokhova SG, Pfaf VF. COVID-19 in health care workers. A new problem in occupational medicine. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(1):40–48. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-40-48
2. Gorblyansky YuYu, Kontorovich EP, Ponamareva OP, Volynskaya EI. Professional aspects of the new coronavirus infection (COVID-19). *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(2):103–114. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114
3. Denisov EI, Prokopenko LV, Pfaf VF. Issues of occupational health of healthcare workers and pandemic COVID-19. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(1):49–61. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-49-61
4. Kryukov EV, Trishkin DV, Ivanov AM, et al. Comparative cohort epidemiological study of collective immunity against new coronavirus infection among different groups of military personnel. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2021;76(6):661–668. (In Russ.) doi: 10.15690/vramn1583
5. Garipova RV, Strizhakov LA, Umbetova KT, Safina KR. Occupational diseases of health care workers from exposure to infectious agents: The current state of the problem. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(1):13–17. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17
6. Lan F-Y, Fernandez-Montero A, Kales SN. COVID-19 and healthcare workers: emerging patterns in Pamplona, Asia and Boston. *Occup Med (Lond)*. 2020;70(5):340–341. doi: 10.1093/occmed/kqaa089
7. Hignett S, Welsh R, Banerjee J. Human factors issues of working in personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. *Anaesthesia*. 2021;76(1):134–135. doi: 10.1111/anae.15198
8. Saran S, Gurjar M, Baronia A, et al. Personal protective equipment during COVID-19 pandemic: a narrative review on technical aspects. *Expert Rev Med Devices*. 2020;17(12):1265–1276. doi: 10.1080/17434440.2020.1852079
9. Kuzin AA, Yumanov AP, Degtyarev AA, Eremin GG. Features of the use of personal protective equipment in the foci of a new coronavirus infection. *Epidemiologiya i Vaksinooprofilaktika*. 2020;19(6):4–7. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-6-4-7
10. Zhao Y, Liang W, Luo Y, et al. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicentre of COVID-19. *Clin Microbiol Infect*. 2020;26(12):1716–1718. doi: 10.1016/j.cmi.2020.07.029
11. Park SH. Personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 pandemic. *Infect Chemother*. 2020;52(2):165–182. doi: 10.3947/ic.2020.52.2.165
12. Verbeek JH, Rajamaki B, Ijaz S, et al. Personal protective equipment for preventing highly infectious diseases due to exposure to contaminated body fluids in healthcare staff. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;7(7):CD011621. doi: 10.1002/14651858.CD011621.pub3
13. Loibner M, Hagauer S, Schwantzer G, Berghold A, Zatloukal K. Limiting factors for wearing personal protective equipment (PPE) in a health care environment evaluated in a randomised study. *PLoS One*. 2019;14(1):e0210775. doi: 10.1371/journal.pone.0210775
14. Losik TK, Afanas'yeva RF, Konstantinova EI. Physiologic and hygienic evaluation of heat state in military men performing continuous physical work in heating microclimate. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2015;(10):41–45. (In Russ.)
15. Agarwal A, Agarwal S, Motiani P. Difficulties encountered while using PPE kits and how to overcome them: An Indian perspective. *Cureus*. 2020;12(11):e11652. doi: 10.7759/cureus.11652
16. Hancock PA, Vasmatazidis I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *Int J Hyperthermia*. 2003;19(3):355–372. doi: 10.1080/0265673021000054630
17. Vidua RK, Chouksey VK, Bhargava DC, Kumar J. Problems arising from PPE when worn for long periods. *Med Leg J*. 2020;88(1_suppl):47–49. doi: 10.1177/0025817220935880
18. Marchenkov AP, Filippov IV. Working environment, heat and thermoregulation human body. *Vestnik NTsBZhD*. 2011;(4(10)):19–22. (In Russ.)
19. Losik TK, Ivanov IV, Konyukhov AV. Physiological – hygienic substantiation of preventive measures for medical personnel working in personal protective equipment against COVID-19 and other biological factors. *Voenno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2021;342(11):58–66. (In Russ.) doi: 10.52424/00269050_2021_342_11_58
20. Coca A, Quinn T, Kim JH, et al. Physiological evaluation of personal protective ensembles recommended for use in West Africa. *Disaster Med Public Health Prep*. 2017;11(5):580–586. doi: 10.1017/dmp.2017.13
21. Afanasyeva RF, Losik TK, Bessonova NA, Konstantinov EI, Burmistrova OV. Forecasting the effect of workwear materials hygienic properties on a humans functional state in hot environment. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2015;(9):27. (In Russ.)
22. Burmistrova OV, Losik TK, Shuporin ES. Physiological and hygienic substantiation of development of a technique of an estimation of overalls for protection working in the heating environment on indicators of a thermal condition. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(12):1013–1019. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
23. Afanasyeva RF, Prokopenko LV, Bessonova NA, et al. The effects some thermal-physical properties of workwear materials on the heat state of workers in hot environment. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2015;(9):27–28. (In Russ.)
24. Dubel EV, Unguryanu TN. Hygienic assessment of working conditions for medical personnel in clinical and paraclinical departments of the hospital. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(1):53–57. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-99002016-95-1-53-57
25. Bukhtiyarov IV. Epidemiological, clinical, and expert problems of occupational infectious diseases of workers during medical care in the COVID-19 pandemic. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(1):4–12. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-4-12
26. Bektasova MV, Kiku PF, Sheparev AA. Identification of risk factors in assessment of the working conditions of medical personnel. *Dal'nevostochnyy Meditsinskiy Zhurnal*. 2019;(2):73–78. (In Russ.) doi: 10.35177/1994-5191-2019-2-73-78
27. Vazhenina AA, Trankovskaya LV, Anishchenko EB. Hygienic assessment of working conditions of employees in the test laboratory center of the Office of Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(4):418–423. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-418-423





Напряженность труда как фактор риска развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств в различных профессиональных группах (обзор литературы)

А.В. Новикова, В.А. Широков, А.М. Егорова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора
ул. Семашко, д. 2, г. Мытищи, Московская область, 141014, Российская Федерация

Резюме

Введение. В условиях интенсификации труда, внедрения информационных и коммуникационных технологий возникают риски развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств у работающих в различных профессиональных группах.

Цель: на основании анализа научных публикаций оценить распространенность нарушений психоэмоционального состояния у работающих в условиях повышенной напряженности трудового процесса для выявления predisposing факторов, определения профессиональных групп риска и профилактики развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств.

Материалы и методы. Осуществлен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов и платформ eLIBRARY.ru, Web of Science, PubMed и Scopus за период 2005–2022 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам: напряженность труда, синдром эмоционального выгорания, тревожные расстройства, депрессия. Были включены проспективные исследования, в которых нервно-психическое напряжение на рабочем месте анализировалось как условие воздействия. Из 282 первоначально выявленных статей после первичного анализа была отобрана 51 публикация, содержащая доказанную оценку рисков появления и развития нарушений психоэмоционального состояния у работающих в условиях нервно-психического перенапряжения.

Результаты. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований выявлена высокая распространенность нарушений психоэмоционального состояния у работающих в различных профессиональных группах: у медицинских сестер, врачей различных специальностей, учителей, психологов, журналистов, спортсменов, работников полиции и службы исполнения наказаний, сотрудников экстренных служб. Обсуждаются особенности клинических проявлений синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств у работающих в условиях повышенной напряженности. Выделены психосоциальные факторы риска формирования синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств: неопределенность ролей, ролевой конфликт, ролевой стресс, стрессовые события, рабочая нагрузка и давление на работе. Показана связь синдрома эмоционального выгорания с различными соматическими заболеваниями.

Заключение. Отмечается необходимость оценки психосоциальных факторов на рабочем месте, а также диагностика психоэмоционального состояния работника с целью раннего выявления синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных состояний и уменьшения их негативных последствий на индивидуальном и общественном уровнях. Предложено внедрение в отечественную медицинскую практику международного инструмента COPSOQ для комплексной персональной оценки психосоциальных факторов и возможности проведения профилактических мероприятий на рабочем месте.

Ключевые слова: напряженность трудового процесса, психосоциальные факторы, синдром эмоционального выгорания, депрессия, анкетирование, обзор литературы.

Для цитирования: Новикова А.В., Широков В.А., Егорова А.М. Напряженность труда как фактор риска развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств в различных профессиональных группах (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 67–74. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-67-74>

Сведения об авторах:

✉ **Новикова** Анна Владимировна – к.м.н., старший научный сотрудник Института общей и профессиональной патологии; e-mail: anna.v.novikova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6915-0355>.

Широков Василий Афанасьевич – д.м.н., профессор, научный руководитель Института общей и профессиональной патологии; e-mail: vashirokov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1461-1761>.

Егорова Анна Михайловна – д.м.н., заведующая отделом медицины труда Института комплексных проблем гигиены; e-mail: egorovaam@ferismana.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Широков В.А., Егорова А.М.; сбор и обработка материала: Новикова А.В.; Широков В.А., Егорова А.М. анализ и интерпретация результатов: Широков В.А., Егорова А.М.; обзор литературы: Новикова А.В., Широков В.А.; подготовка проекта рукописи: Широков В.А., Новикова А.В., Егорова А.М. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.09.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Work Intensity as a Risk Factor for Burnout, Anxiety and Depressive Disorders in Various Occupational Cohorts: A Literature Review

Anna V. Novikova, Vasiliy A. Shirokov, Anna M. Egorova

F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, 2 Semashko Street,
Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: Under current conditions of work intensification and introduction of information and communication technologies, there arise risks of developing the syndrome of emotional burnout, anxiety and depressive disorders among workers in various occupational cohorts.

Objective: To analyze scientific publications and to establish the prevalence of psychological and emotional problems among people working under conditions of increased work intensity in order to identify predisposing factors, determine occupational cohorts at risk, and prevent burnout, anxiety and depressive disorders.

Materials and methods: A scientific review of studies published in 2005–2022 in the Russian and English languages was carried out using such information platforms and databases as eLIBRARY.ru, Web of Science, PubMed, and Scopus. The search

terms included work intensity, burnout syndrome, anxiety disorders, and depression. We chose prospective studies, in which neuropsychic stress at the workplace was assessed as an occupational health risk. Of 282 search results, 51 publications on psychological and emotional ill-being posed by neuropsychic overstrain were found eligible for inclusion in this review.

Results: We established a high prevalence of psychological and emotional problems among workers in various occupational cohorts, including nurses, medical doctors of various specialties, teachers, psychologists, journalists, athletes, policemen and penitentiary police officers, emergency service members. Features of clinical manifestations of burnout symptoms, anxiety and depressive disorders in workers experiencing increased tension were discussed. Our findings showed that psychosocial risk factors for burnout, anxiety and depressive disorders were role uncertainty, role conflict, role stress, stressful events, workload, and pressure at work, and that burnout was associated with various non-occupational diseases.

Conclusion: We highlight the necessity of assessing psychosocial factors at workplaces and screening for psychological and emotional disorders of employees for early diagnosis of burnout and related conditions and elimination of their negative outcomes at the individual and societal levels. We propose introduction of the international COPSOQ tool (the Copenhagen Psychosocial Questionnaire) into domestic healthcare practice to conduct a comprehensive individual assessment of psychosocial factors and to facilitate timely and appropriate preventive measures at work.

Keywords: work intensity, psychosocial factors, burnout syndrome, depression, questioning, literature review.

For citation: Novikova AV, Shirokov VA, Egorova AM. Work intensity as a risk factor for burnout, anxiety and depressive disorders in various occupational cohorts: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):67-74. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-67-74>

Author information:

✉ Anna V. Novikova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Institute of Common and Occupational Diseases; email: anna.v.novikova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6915-0355>.

Vasily A. Shirokov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Scientific Director, Institute of Common and Occupational Diseases; email: vashirokov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1461-1761>.

Anna M. Egorova, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Occupational Medicine, Institute of Complex Problems of Hygiene; email: egorovaam@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Author contributions: study conception and design: Shirokov V.A., Egorova A.M.; data collection and processing: Novikova A.V., Shirokov V.A., Egorova A.M.; analysis and interpretation of results: Shirokov V.A., Egorova A.M.; literature review: Novikova A.V., Shirokov V.A.; draft manuscript preparation: Shirokov V.A., Novikova A.V., Egorova A.M. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: September 13, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. В современной социально-экономической ситуации профессиональная деятельность сопровождается воздействием целого ряда неблагоприятных факторов. Все большую актуальность приобретают возрастающие психоэмоциональные нагрузки на рабочем месте. Это в значительной мере обусловлено тесной взаимосвязью технологического прогресса с процессами, происходящими в социально-трудовой сфере. В настоящее время стремительно возрастает конкуренция на предприятиях, повышаются требования к качеству продукции и услуг, увеличивается общий объем информации, возникает необходимость формирования новых навыков [1]. В современном производстве меняется соотношение физического и интеллектуального труда. Новые цифровые технологии активно вытесняют ручной физический труд. Ужесточаются требования к компетентности специалистов различных профессий. Отмечается, что в современных условиях для получения конкурентных преимуществ приоритетное значение приобретает повышение производительности интеллектуальной составляющей труда [2]. Всеобщая оптимизация, интенсификация труда, развитие информационных и коммуникационных технологий сопровождаются значительным ростом напряженности трудового процесса в различных профессиональных группах. По мере трансформации рабочих мест меняются и риски для здоровья и благополучия работников. По результатам анализа данных анкетирования Европейского фонда по изучению условий жизни и труда за последние 15 лет в целом по Европе сохраняется тенденция

к повышению напряженности трудовой деятельности, что сопровождается многочисленными и разнообразными психосоциальными рисками на работе¹.

На Всемирной ассамблее здравоохранения, высшем руководящем органе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), которая проходила 20–28 мая 2019 г. в Женеве, синдром эмоционального выгорания официально признан профессиональным явлением и включен в 11-й пересмотр Международной классификации болезней (МКБ-11)². Он описан в главе «Факторы, влияющие на состояние здоровья или обращение в службы здравоохранения», включающей причины, по которым люди обращаются в службы здравоохранения, но которые не классифицируются как болезни или состояния здоровья. Синдром эмоционального выгорания определяется как «синдром, возникающий в результате хронического стресса на рабочем месте, с которым не удается справиться». Эксперты ВОЗ выделяют три аспекта выгорания: чувство истощения, усиление психической отстраненности или негативное отношение к своей работе и снижение производительности труда. При этом подчеркивается, что термин «выгорание» следует использовать исключительно в профессиональном контексте, а не для «описания опыта в других сферах жизни»³.

В современном обществе, ориентированном на производительность, симптомы выгорания, определяемые как последствия хронического стресса на работе, становятся все более серьезной проблемой. Определение параметров напряженности труда

¹ Eurofound (2022), Living and working in Europe 2021, Publications Office of the European Union, Luxembourg [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eurofound.europa.eu/publications/annual-report/2022/living-and-working-in-europe-2021> (дата обращения: 27.06.2022).

² International Classification of Diseases 11th Revision. The global standard for diagnostic health information. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://icd.who.int/browse11/lm/en#/http://id.who.int/icd/entity/129180281> (дата обращения: 27.06.2022).

³ Burn-out an "occupational phenomenon": International Classification of Diseases. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/news/item/28-05-2019-burn-out-an-occupational-phenomenon-international-classification-of-diseases> (дата обращения: 27.06.2022).

и выявление психосоциальных факторов риска развития синдрома эмоционального выгорания (СЭВ) является актуальной задачей профилактической медицины [3].

Оценка напряженности трудового процесса в нашей стране проводится согласно Руководству по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006–05. По определению этого документа «напряженность — это характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника». К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы⁴.

С принятием 1 января 2014 г. ФЗ № 426 «О специальной оценке условий труда» введена в действие процедура специальной оценки условий труда, которая заменила процедуру аттестации рабочих мест, которая проводилась в нашей стране с конца 1980-х годов и базировалась на Руководстве Р 2.2.2006–05. В настоящее время при проведении специальной оценки условий труда полностью исключены интеллектуальные, эмоциональные нагрузки и режим работы^{5,6}. Сокращено количество определяемых параметров в сенсорных и монотонных нагрузках, оставшиеся показатели не универсальны и применимы лишь к некоторым видам труда [4].

При этом существует большое количество профессий с преобладанием интеллектуальных и эмоциональных нагрузок, которые в соответствии с современной методикой проведения специальной оценки условий труда не учитываются. Известно, что связанный с работой психосоциальный стресс может вызывать психические и соматические заболевания, приводящие к потерям для человека, экономики и общества [5]. Имеющиеся параметры и соответствующие методы оценки напряженности трудового процесса не отражают причины неблагополучия работника, связанные с психосоциальными факторами. Существующие способы оценки напряженности труда имеют такие недостатки, как малая специфичность, низкая точность и сложность интерпретации результатов [6, 7]. На сегодня не совсем понятно, как оценивать напряженность труда, связанную с тяжелыми и стрессогенными условиями, к которым относятся: всеобщая цифровизация, бюрократия и увеличение количества отчетов на всех уровнях работы организаций и предприятий, дефекты менеджмента, неспособность четко ставить производственные задачи, обесценивание усилий сотрудника, низкая оплата труда, особенности взаимоотношений в трудовом коллективе, некачественное и неполное техническое оснащение [8, 9].

Следует отметить, что проблема идентификации и управления психосоциальными рисками работающих актуальна во всем мире. Учет связанных с работой психосоциальных рисков при управлении охраной труда является обязательным для работодателей в соответствии

с нормативными актами Европейского союза. В 2019 г. в Германии было проведено исследование по результатам опроса сотрудников из 6500 компаний. Выявлено, что обязательство учитывать психосоциальные факторы при проведении оценки профессиональных рисков до сих пор не применяется на практике большинством компаний. Даже среди крупных предприятий с 250 и более сотрудниками три из десяти отзывались об этом отрицательно. Отмечается, что психосоциальные риски представляют собой особенно «серьезную проблему», с которой труднее справиться, чем с «традиционными» проблемами охраны труда (такими как несчастные случаи, физические перегрузки или шум). Среди прочего психосоциальные риски характеризуются неясными причинно-следственными связями и достаточно неопределенными решениями; во многом они определяются изменчивым субъективным восприятием рабочих ситуаций; они тесно связаны с основной областью прерогатив работодателя, особенно с организацией труда; попытки решить их легко затрагивают противоположные интересы и влекут за собой проблемы управления. В целом эти характеристики могут в значительной степени объяснить низкий уровень активности компаний в отношении оценки психосоциального риска [10].

Цель исследования: на основании анализа научных публикаций оценить распространенность нарушений психоэмоционального состояния у работающих в условиях повышенной напряженности трудового процесса для выявления предрасполагающих факторов, определения профессиональных групп риска и профилактики развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных расстройств.

Материалы и методы. Осуществлен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов и платформ eLIBRARY.ru, Web of Science, PubMed и Scopus за период 2005–2022 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам: напряженность труда, синдром эмоционального выгорания, тревожные расстройства, депрессия. Были включены проспективные исследования, в которых нервно-психическое напряжение на рабочем месте анализировалось как условие воздействия. Из 282 первоначально выявленных статей после первичного анализа была отобрана 51 публикация, содержащая доказанную оценку рисков появления и развития нарушений психоэмоционального состояния у работающих в условиях нервно-психического перенапряжения.

Результаты. По данным многочисленных исследований выявлено влияние психосоциальных особенностей на рабочем месте на состояние здоровья работников. Отмечено, что постоянно действующие традиционные и инновационные факторы повышенной напряженности труда выступают как потенциальные причины развития профессионально-личностных деформаций по типу выгорания [11].

В 2021 г. в Канаде проводилось исследование по оценке психосоциальных факторов рабочей

⁴ Руководство Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005).

⁵ Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями и дополнениями).

⁶ Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (с изменениями и дополнениями).

среды и ее влияния на психологическое здоровье. Для изучения связи между психосоциальными факторами рабочей среды и выгоранием, стрессом и когнитивным напряжением было обследовано 6408 работников. Распространенность психосоциальных стрессоров на работе составила 11 % [12].

Связь психоэмоциональных перегрузок на рабочем месте с тревожными расстройствами и депрессией подтверждена многими исследованиями [13–15]. Представляет интерес исследование SUMER, в котором изучалась распространенность депрессии у работающего населения Франции в зависимости от условий труда. В результате обследования 25 977 сотрудников получены данные, что факторами риска депрессии являются низкая свобода принятия решений, низкое вознаграждение, издевательства, конфликты на работе, этические конфликты для обоих полов, а также повышенные психологические требования, низкая социальная поддержка и продолжительный рабочий день среди женщин. При этом авторы отмечают отсутствие связи между депрессией и профессиональными воздействиями другой этиологии: физической, биомеханической, химической и биологической [16].

Выгорание рассматривается как синдром, развивающийся в ответ на хронические неблагоприятные условия труда, и включает в себя эмоциональное истощение, деперсонализацию и снижение личных достижений. В клинической практике трудно дифференцировать синдром эмоционального выгорания от депрессии. Эмоциональное истощение, ядро выгорания, само по себе отражает сочетание депрессивного настроения и усталости / утраты энергии и очень сильно коррелирует с другими депрессивными симптомами. Связанные с работой факторы риска выгорания также являются предикторами депрессии. Индивидуальные факторы риска депрессии (например, прошлые депрессивные эпизоды) также являются предикторами эмоционального выгорания. Авторы предполагают, что выгорание, вероятно, отражает «классический» депрессивный процесс, разворачивающийся в ответ на неразрешимый стресс [17]. Депрессия может быть как причиной, так и следствием синдрома эмоционального выгорания. Полученные данные позволяют предположить, что симптомы одного расстройства могут усиливать симптомы другого. Отмечено, что специфический, самый оригинальный компонент синдрома эмоционального выгорания, т. е. негативное отношение к своей работе и снижение производительности труда, по-видимому, главным образом связаны с организационными особенностями на рабочем месте [18].

Представляет интерес ряд исследований, указывающих на связь СЭВ со снижением когнитивных функций [19, 20]. Во многих исследованиях хронический стресс на рабочем месте рассматривается как фактор риска развития и прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний [21–23]. Заслуживают внимания исследования, в которых изучается связь синдрома эмоционального выгорания с соматическими заболеваниями. Есть данные, что синдром эмоционального выгорания был значимым предиктором гиперхолесте-

ринемии [24] и сахарного диабета 2-го типа [25]. В 2012 г. в Израиле были опубликованы результаты исследования 8838 работающих мужчин и женщин в возрасте от 19 до 67 лет, пришедших на плановые медицинские осмотры в Тель-Авивский медицинский центр. В среднем за ними наблюдали 3,4 года. Заболеваемость ИБС определяли как совокупность острого инфаркта миокарда, диагностированной ишемической болезни сердца и диагностированной стенокардии. В исследовании подтверждается более высокая частота ИБС среди лиц, подвергшихся эмоциональному выгоранию, авторы подчеркивают, что выгорание является независимым фактором риска развития ИБС в будущем [26]. Значимая связь между выгоранием и госпитализацией по поводу сердечно-сосудистых заболеваний также наблюдалась в когортном исследовании промышленных рабочих, которое длилось 10 лет [27]. Было показано, что скелетно-мышечные расстройства в значительной степени связаны с выгоранием. Повышенный уровень эмоционального выгорания в течение 18 месяцев наблюдения обуславливает повышенный риск развития мышечно-скелетной боли [28, 29]. В ряде исследований показана взаимосвязь между выгоранием и восприятием боли. Выявлено, что СЭВ может быть предиктором головной боли, боли в шее и плечах, боли в спине и ограничении работоспособности, связанной с болью [30, 31]. В некоторых исследованиях выгорание рассматривалось как фактор риска желудочно-кишечных заболеваний, респираторных заболеваний [31], тяжелых травм [32].

Для управления психосоциальными рисками развития синдрома эмоционального выгорания и тревожно-депрессивных состояний необходим индивидуальный психологический подход, при котором с помощью разнообразных тестов можно оценить параметры напряженности трудового процесса и выявить особенности психоэмоционального состояния работников в различных профессиональных группах. В мировой практике анкетирование и опрос являются наиболее распространенными и экономически приемлемыми методами, применяющимися для сбора информации о психосоциальных факторах на рабочих местах [33]. С помощью анкетирования возможно определить ключевые профессиональные факторы, которые способствуют выгоранию в различных профессиональных группах. Опросники включают вопросы и утверждения, актуальные для современного развития общества и технологий.

Для измерения основных показателей синдрома эмоционального выгорания: эмоционального истощения, деперсонализации и редукции профессиональных достижений широко используется оригинальный опросник выгорания Маслак (Maslach Burnout Inventory, MBI)⁷. MBI – это один из первых стандартных инструментов измерения выгорания, который количественно определяет характеристики умственного и физического истощения, вызванного профессиональной деятельностью. MBI позволяет идентифицировать выгорание и разработать стратегии изменений для создания здоровых рабочих мест. В нашей стране доступна адаптированная версия MBI (Н.Е. Водопьянова, Е.С. Старченкова, 2002) [34, 35].

⁷ How to Measure Burnout Accurately and Ethically. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hbr.org/2021/03/how-to-measure-burnout-accurately-and-ethically> (дата обращения: 27.06.2022).

Для исследований, оценки психосоциальных условий и укрепления здоровья на рабочих местах широко используется Копенгагенский психосоциальный опросник⁸ (COPSOQ), разработанный Датским национальным исследовательским центром рабочей среды (1995–2007). С 2007 г. его разработка координируется международной сетью COPSOQ, которая отвечает за регулярное обновление и адаптацию к изменениям на рынке труда и научному прогрессу. Инструмент доступен более чем на 25 языках, что позволяет проводить сравнение между странами. Он включает психологические и социальные факторы рабочего процесса, требования к должности и контроль со стороны руководства; удовлетворение работой; определенность работы и соответствие компетенций для ее выполнения; социальные взаимодействия с коллегами и клиентами; лидерство; организационный климат; границы между работой и личной жизнью; приоритет работы; мотивация в работе. COPSOQ является одним из наиболее широко используемых методов оценки психосоциального риска и цитируется в качестве справочного документа в документах международных организаций, таких как Всемирная организация здравоохранения, Международная организация труда, и признан примером передовой практики Агентством ЕС по безопасности и гигиене труда^{9,10}.

Представляется актуальным перевод COPSOQ на русский язык и адаптация его в России. Важным аспектом является возможность применять психосоциальные показатели опросника для разных профессий и секторов экономики. Конечной целью устранения психосоциальных рисков является обеспечение безопасных и здоровых условий труда для всех работников, независимо от задач, работы или социального положения. Используя один и тот же инструмент измерения, можно обеспечить единый стандарт оценки риска для работников, независимо от того, работают ли они в плохих условиях труда или в более привилегированных профессиональных сферах. Внедрение этого универсального инструмента позволит оценить психосоциальные условия на рабочих местах в различных профессиональных группах и своевременно принять меры по сохранению и укреплению здоровья работающих.

В настоящее время выделены профессиональные группы риска развития СЭВ. Отмечается повышение распространенности СЭВ в различных профессиональных группах. Во многих международных исследованиях выявлена повышенная распространенность синдрома эмоционального выгорания у медицинских сестер [36], врачей различных специальностей [37–39], учителей [40], психологов [41], журналистов [42], спортсменов [43], работников полиции и службы исполнения наказаний [44, 45], сотрудников экстренных служб [46].

Обсуждение. Несмотря на большое количество работ, клинические проявления синдрома эмо-

ционального выгорания продолжают оставаться предметом дискуссий. Хотя синдром выгорания впервые был описан клинически около шестидесяти лет назад, он еще не нашел своего места в классификации расстройств здоровья. Широкий спектр клинических признаков и теорий этиопатогенеза, безусловно, способствовал этой ситуации. Предложены различные клинические формы эмоционального выгорания, обуславливающие различные терапевтические стратегии [47]. Предлагается выделять в структуре синдрома эмоционального выгорания несколько доминирующих синдромов: астенический, психовегетативный, цефалгический, тревожно-фобический и синдром легких когнитивных нарушений. Наиболее частым при синдроме эмоционального выгорания является астенический синдром. Кроме этого, у большинства пациентов с синдромом эмоционального выгорания отмечается наличие признаков общей, физической, психической астении и снижение активности [48].

Следует обратить внимание на работы, посвященные персонализированному подходу в развитии профессионального выгорания. Рассматриваются предрасполагающие факторы и последствия выгорания. Подчеркивается, что выгорание — это сочетание хронического истощения и негативного отношения к работе с пагубными последствиями для здоровья и производительности труда. Причины выгорания обычно делятся на две категории: ситуационные и индивидуальные. Неопределенность ролей, ролевой конфликт, ролевой стресс, стрессовые события, рабочая нагрузка и давление на работе являются одними из наиболее важных психосоциальных факторов, которые вызывают выгорание [49], подчеркивается актуальность программ управления стрессом для уменьшения неблагоприятных последствий эмоциональных перегрузок, а также важность выбора рациональной стратегии преодоления стресса [50, 51].

Заключение. Таким образом, на сегодня исследователи со всего мира отмечают высокую распространенность синдрома профессионального выгорания в различных профессиональных группах. Отмечается, что СЭВ связан с неудовлетворенностью работой, снижением производительности, увеличением расходов на здравоохранение, а также другими социально-экономическими проблемами. Отмечается необходимость оценки психосоциальных факторов на рабочем месте, а также диагностика психоэмоционального состояния работника с целью раннего выявления синдрома эмоционального выгорания и уменьшения его негативных последствий на индивидуальном и общественном уровнях.

Список литературы

1. Садовая Е.С. Цифровая экономика и новая парадигма рынка труда // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 12. С. 35–45. doi: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45

⁸ The network for scientific research and risk assessment with the Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.copsoq-network.org>. (дата обращения: 27.06.2022).

⁹ Eurofound and EU-OSHA (2014), Psychosocial risks in Europe: Prevalence and strategies for prevention, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2014/eu-member-states/working-conditions/psychosocial-risks-in-europe-prevalence-and-strategies-for-prevention> (дата обращения: 27.06.2022).

¹⁰ ILO. (2016). Workplace Stress: A collective challenge. Geneva: International Labour Organization. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_466547.pdf. (дата обращения: 27.06.2022).

2. Ковальчук О.В. Современные тренды на рынке труда в России // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2021. Т. 10. № 3 (36). С. 183–186. doi: 10.26140/anie-2021-1003-0042
3. Wekenborg MK, von Dawans B, Hill LK, Thayer JF, Penz M, Kirschbaum C. Examining reactivity patterns in burnout and other indicators of chronic stress. *Psychoneuroendocrinology*. 2019;106:195–205. doi: 10.1016/j.psyneuen.2019.04.002
4. Меркулова А.Г., Калинина С.А. Оценка фактора напряженности труда в рамках специальной оценки условий труда // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 126.
5. Encrenaz G, Laberon S, Lagabrielle C, Debruyne G, Pouyau J, Rascle N. Psychosocial risks in small enterprises: The mediating role of perceived working conditions in the relationship between enterprise size and workers' anxious or depressive episodes. *Int J Occup Saf Ergon*. 2019;25(3):485–494. doi: 10.1080/10803548.2018.1452457
6. Юшкова О.И. Бухтияров И.В. Критерии оценки труда по степени напряженности // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 826–827. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-826-827
7. Филатова И.А. Об объективной оценке напряженности труда при проведении специальной оценки условий труда в строительстве / И.А. Филатова // Балтийский морской форум: материалы VIII Международного Балтийского морского форума: в 6 т., Калининград, 05–10 октября 2020 года. Калининград: Калининградский государственный технический университет. 2020. С. 559–562.
8. Панько Ю.В. Обоснование внедрения категоризации интеллектуальной напряженности труда // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11(136). С. 287–291. doi: 10.34925/EIP.2021.11.136.060
9. Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Калинина С.А., Меркулова А.Г. Проблема оценки нервно-психических перегрузок и перенапряжения в медицине труда // Здоровье и безопасность на рабочем месте: Материалы II международного научного форума, Минск, 06–08 июня 2018 года. Минск: СООО «Регистр». 2018. С. 45–48. doi: 10.31089/978-985-7153-46-6-2018-1-2-45-48
10. Beck D, Lenhardt U. Consideration of psychosocial factors in workplace risk assessments: Findings from a company survey in Germany. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019;92(3):435–451. doi: 10.1007/s00420-019-01416-5
11. Пряжников Н.С. Напряженность труда: методы оценки и профилактики // Управленческие науки в современном мире. 2015. Т. 1. № 1. С. 533–538.
12. Shahidi FV, Gignac MAM, Oudyk J, Smith PM. Assessing the psychosocial work environment in relation to mental health: A comprehensive approach. *Ann Work Expo Health*. 2021;65(4):418–431. doi: 10.1093/annweh/wxaa130
13. Kaushik A, Ravikiran SR, Suprasanna K, Nayak MG, Baliga K, Acharya SD. Depression, anxiety, stress and workplace stressors among nurses in tertiary health care settings. *Indian J Occup Environ Med*. 2021;25(1):27–32. doi: 10.4103/ijoem.IJOEM_123_20
14. Machado ICK, Bernardes JW, Monteiro JK, Marin AH. Stress, anxiety and depression among gastronomes: Association with workplace mobbing and work-family interaction. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021;94(8):1797–1807. doi: 10.1007/s00420-021-01745-4
15. Chalmers T, Maharaj S, Lal S. Associations between workplace factors and depression and anxiety in Australian heavy vehicle truck drivers. *Ann Work Expo Health*. 2021;65(5):581–590. doi: 10.1093/annweh/wxaa134
16. Niedhammer I, Coindre K, Memmi S, Bertrais S, Chastang JF. Working conditions and depression in the French national working population: Results from the SUMER study. *J Psychiatr Res*. 2020;123:178–186. doi: 10.1016/j.jpsychires.2020.01.003
17. Schonfeld IS, Bianchi R, Palazzi S. What is the difference between depression and burnout? An ongoing debate. *Riv Psichiatr*. 2018;53(4):218–219. doi: 10.1708/2954.29699
18. Golonka K, Mojsa-Kaja J, Blukacz M, Gawłowska M, Marek T. Occupational burnout and its overlapping effect with depression and anxiety. *Int J Occup Med Environ Health*. 2019;32(2):229–244. doi: 10.13075/ijomh.1896.01323
19. Koutsimani P, Montgomery A, Masoura E, Panagopoulou E. Burnout and cognitive performance. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):2145. doi: 10.3390/ijerph18042145
20. van Dijk DM, van Rhenen W, Murre JMJ, Verwijk E. Cognitive functioning, sleep quality, and work performance in non-clinical burnout: The role of working memory. *PLoS One*. 2020;15(4):e0231906. doi: 10.1371/journal.pone.0231906
21. Kivimäki M, Kawachi I. Work stress as a risk factor for cardiovascular disease. *Curr Cardiol Rep*. 2015;17(9):630. doi: 10.1007/s11886-015-0630-8
22. Mohsen A, Hakim S. Workplace stress and its relation to cardiovascular disease risk factors among bus drivers in Egypt. *East Mediterr Health J*. 2019;25(12):878–886. doi: 10.26719/emhj.19.056
23. Ulguim FO, Renner JDP, Pohl HH, de Oliveira CF, Bragança GCM. Health workers: Cardiovascular risk and occupational stress. *Rev Bras Med Trab*. 2020;17(1):61–68. doi: 10.5327/Z1679443520190302
24. Kitaoka-Higashiguchi K, Morikawa Y, Miura K, et al. Burnout and risk factors for arteriosclerotic disease: Follow-up study. *J Occup Health*. 2009;51(2):123–131. doi: 10.1539/joh.18104
25. Melamed S, Shirom A, Toker S, Shapira I. Burnout and risk of type 2 diabetes: A prospective study of apparently healthy employed persons. *Psychosom Med*. 2006;68(6):863–869. doi: 10.1097/01.psy.0000242860.24009.f0
26. Toker S, Melamed S, Berliner S, Zeltser D, Shapira I. Burnout and risk of coronary heart disease: A prospective study of 8838 employees. *Psychosom Med*. 2012;74(8):840–847. doi: 10.1097/PSY.0b013e31826c3174
27. Toppinen-Tanner S, Ahola K, Koskinen A, Väänänen A. Burnout predicts hospitalization for mental and cardiovascular disorders: 10-year prospective results from industrial sector. *Stress Health*. 2009;25(4):287–296. doi: 10.1002/smi.1282
28. Armon G, Melamed S, Shirom A, Shapira I. Elevated burnout predicts the onset of musculoskeletal pain among apparently healthy employees. *J Occup Health Psychol*. 2010;15(4):399–408. doi: 10.1037/a0020726
29. Melamed S. Burnout and risk of regional musculoskeletal pain—a prospective study of apparently healthy employed adults. *Stress Health*. 2009; 25(4):313–321. doi: 10.1002/smi.1265
30. Grossi G, Thomtén J, Fandiño-Losada A, Soares JJ, Sundin Ö. Does burnout predict changes in pain experiences among women living in Sweden? A longitudinal study. *Stress Health*. 2009;25(4):297–311. doi: 10.1002/smi.1281
31. Kim H, Ji J, Kao D. Burnout and physical health among social workers: A three-year longitudinal study. *Soc Work*. 2011;56(3):258–268. doi: 10.1093/sw/56.3.258
32. Ahola K, Salminen S, Toppinen-Tanner S, Koskinen A, Väänänen A. Occupational burnout and severe injuries: An eight-year prospective cohort study among Finnish forest industry workers. *J Occup Health*. 2013;55(6):450–457. doi: 10.1539/joh.13-0021-0a
33. Fong TC, Ho RT, Ng SM. Psychometric properties of the Copenhagen Burnout Inventory-Chinese version. *J Psychol*. 2014;148(3):255–266. doi: 10.1080/00223980.2013.781498
34. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. От выгорания к обновлению: опыт и перспективы изучения синдрома выгорания в России // Национальный психологический журнал. 2006. № 1 (1). С. 126–130.
35. Любимкина Т.А. Иванова С.В. Проблемы оценки и управления психосоциальными рисками: российский и зарубежный опыт // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. Т. 6. № 2(22). С. 168–179. doi: 10.21285/2500-1582-2021-2-168-179
36. Hall VP, White KM, Morrison J. The influence of leadership style and nurse empowerment on burnout.

- Nurs Clin North Am.* 2022;57(1):131-141. doi: 10.1016/j.cnur.2021.11.009
37. Agarwal SD, Pabo E, Rozenblum R, Sheritt KM. Professional dissonance and burnout in primary care: A qualitative study. *JAMA Intern Med.* 2020;180(3):395-401. doi: 10.1001/jamainternmed.2019.6326
 38. Maslach C, Leiter MP. Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry.* 2016;15(2):103-111. doi: 10.1002/wps.20311
 39. Leung J, Riaseco P, Munro P. Stress, satisfaction and burnout amongst Australian and New Zealand radiation oncologists. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2015;59(1):115-124. doi: 10.1111/1754-9485.12217
 40. Pedditzi ML, Nonnis M, Nicotra EF. Teacher satisfaction in relationships with students and parents and burnout. *Front Psychol.* 2021;12:703130. doi: 10.3389/fpsyg.2021.703130
 41. Simpson S, Simionato G, Smout M, et al. Burnout amongst clinical and counselling psychologist: The role of early maladaptive schemas and coping modes as vulnerability factors. *Clin Psychol Psychother.* 2019;26(1):35-46. doi: 10.1002/cpp.2328
 42. Gascyn S, Fueyo-Díaz R, Borao L, et al. Value conflict, lack of rewards, and sense of community as psychosocial risk factors of burnout in communication professionals (press, radio, and television). *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(2):365. doi: 10.3390/ijerph18020365
 43. Groenewal PH, Putrino D, Norman MR. Burnout and motivation in sport. *Psychiatr Clin North Am.* 2021;44(3):359-372. doi: 10.1016/j.psc.2021.04.008
 44. Testoni I, Nencioni I, Ronconi L, Alemanno F, Zamperini A. Burnout, reasons for living and dehumanisation among Italian penitentiary police officers. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(9):3117. doi: 10.3390/ijerph17093117
 45. Jin X, Sun IY, Jiang S, Wang Y, Wen S. The impact of job characteristics on burnout among Chinese correctional workers. *Int J Offender Ther Comp Criminol.* 2018;62(2):551-570. doi: 10.1177/0306624X16648419
 46. Carleton RN, Afifi TO, Taillieu T, et al. Anxiety-related psychopathology and chronic pain comorbidity among public safety personnel. *J Anxiety Disord.* 2018;55:48-55. doi: 10.1016/j.janxdis.2018.03.006
 47. Roy I. Le syndrome d'épuisement professionnel: définition, typologie et prise en charge [Burnout syndrome: definition, typology and management]. *Soins Psychiatr.* 2018;39(318):12-19. (In French.) doi: 10.1016/j.spsy.2018.06.005
 48. Чутко Л.С., Рожкова А.В., Сурушкина С.Ю., Анисимова Т.И., Дидур М.Д. Клинические проявления синдрома эмоционального выгорания // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019. Т. 119. № 1. С. 14–16. doi: 10.17116/jnevro201911901114
 49. von Känel R, van Nuffel M, Fuchs WJ. Risk assessment for job burnout with a mobile health web application using questionnaire data: A proof of concept study. *Biopsychosoc Med.* 2016;10:31. doi: 10.1186/s13030-016-0082-4
 50. Colville GA, Smith JG, Brierley J, et al. Coping with staff burnout and work-related posttraumatic stress in intensive care. *Pediatr Crit Care Med.* 2017;18(7):e267-e273. doi: 10.1097/PCC.0000000000001179
 51. Jones-Bitton A, Best C, MacTavish J, Fleming S, Hoy S. Stress, anxiety, depression, and resilience in Canadian farmers. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* 2020;55(2):229-236. doi: 10.1007/s00127-019-01738-2
- ### References
1. Sadovaya ES. Digital economy and a new paradigm of the labor market. *Mirovaya Ekonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniya.* 2018;62(12):35-45. (In Russ.) doi: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45
 2. Kovalchuk OV. Current trends in the labor market in Russia *Azimut Nauchnykh Issledovaniy: Ekonomika i Upravlenie.* 2021;10(3(36)):183-186. (In Russ.) doi: 10.26140/anie-2021-1003-0042
 3. Wekenborg MK, von Dawans B, Hill LK, Thayer JF, Penz M, Kirschbaum C. Examining reactivity patterns in burnout and other indicators of chronic stress. *Psychoneuroendocrinology.* 2019;106:195-205. doi: 10.1016/j.psyneuen.2019.04.002
 4. Merkulova AG, Kalinina SA. Assessment of work intensity factor within special evaluation of working conditions. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2017;(9):126. (In Russ.)
 5. Encrenaz G, Laberon S, Lagabrielle C, Debruyne G, Pouyaud J, Rascle N. Psychosocial risks in small enterprises: The mediating role of perceived working conditions in the relationship between enterprise size and workers' anxious or depressive episodes. *Int J Occup Saf Ergon.* 2019;25(3):485-494. doi: 10.1080/10803548.2018.1452457
 6. Yushkova OI, Bukhtiyarov IV. Criteria for estimation of labor by degree. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(9):826-827. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-826-827
 7. Filatova IA. On objective assessment of labor strength in conducting a special assessment of working conditions in construction. In: *Proceedings of the Eighth International Baltic Sea Forum, Kaliningrad, October 5–10, 2020.* Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University Publ.; 2020:559-562. (In Russ.)
 8. Panko IuV. Justification for the introduction of categorization of intellectual labor intensity. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo.* 2021;(11(136)):287-291. (In Russ.) doi: 10.34925/EIP.2021.11.136.060
 9. Bukhtiyarov IV, Yushkova OI, Kalinina SA, Merkulova AG. The problem of evaluation of neuropsychic overloads and overstrain in occupational health. In: *Health and Safety at Work: Proceedings of the Second International Scientific Forum, Minsk, June 6–8, 2018.* Minsk: Registr Publ.; 2018:45-48. (In Russ.) doi: 10.31089/978-985-7153-46-6-2018-1-2-45-48
 10. Beck D, Lenhardt U. Consideration of psychosocial factors in workplace risk assessments: Findings from a company survey in Germany. *Int Arch Occup Environ Health.* 2019;92(3):435-451. doi: 10.1007/s00420-019-01416-5
 11. Pryazhnikov NS. Work intensity: Methods of evaluation and prophylaxis. *Upravlencheskie Nauki v Sovremennom Mire.* 2015;1(1):533-538. (In Russ.)
 12. Shahidi FV, Gignac MAM, Oudyk J, Smith PM. Assessing the psychosocial work environment in relation to mental health: A comprehensive approach. *Ann Work Expo Health.* 2021;65(4):418-431. doi: 10.1093/annweh/wxaa130
 13. Kaushik A, Ravikiran SR, Suprasanna K, Nayak MG, Baliga K, Acharya SD. Depression, anxiety, stress and workplace stressors among nurses in tertiary health care settings. *Indian J Occup Environ Med.* 2021;25(1):27-32. doi: 10.4103/ijom.IJOEM_123_20
 14. Machado ICK, Bernardes JW, Monteiro JK, Marin AH. Stress, anxiety and depression among gastronomes: Association with workplace mobbing and work-family interaction. *Int Arch Occup Environ Health.* 2021;94(8):1797-1807. doi: 10.1007/s00420-021-01745-4
 15. Chalmers T, Maharaj S, Lal S. Associations between workplace factors and depression and anxiety in Australian heavy vehicle truck drivers. *Ann Work Expo Health.* 2021;65(5):581-590. doi: 10.1093/annweh/wxaa134
 16. Niedhammer I, Coindre K, Memmi S, Bertrais S, Chastang JF. Working conditions and depression in the French national working population: Results from the SUMER study. *J Psychiatr Res.* 2020;123:178-186. doi: 10.1016/j.jpsychires.2020.01.003
 17. Schonfeld IS, Bianchi R, Palazzi S. What is the difference between depression and burnout? An ongoing debate. *Riv Psichiatr.* 2018;53(4):218-219. doi: 10.1708/2954.29699
 18. Golonka K, Mojsa-Kaja J, Blukacz M, Gawłowska M, Marek T. Occupational burnout and its overlapping effect with depression and anxiety. *Int J Occup Med Environ Health.* 2019;32(2):229-244. doi: 10.13075/ijomh.1896.01323
 19. Koutsimani P, Montgomery A, Masoura E, Panagopoulou E. Burnout and cognitive performance. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(4):2145. doi: 10.3390/ijerph18042145

20. van Dijk DM, van Rhenen W, Murre JMJ, Verwijk E. Cognitive functioning, sleep quality, and work performance in non-clinical burnout: The role of working memory. *PLoS One*. 2020;15(4):e0231906. doi: 10.1371/journal.pone.0231906
21. Kivimäki M, Kawachi I. Work stress as a risk factor for cardiovascular disease. *Curr Cardiol Rep*. 2015;17(9):630. doi: 10.1007/s11886-015-0630-8
22. Mohsen A, Hakim S. Workplace stress and its relation to cardiovascular disease risk factors among bus drivers in Egypt. *East Mediterr Health J*. 2019;25(12):878-886. doi: 10.26719/emhj.19.056
23. Ulguim FO, Renner JDP, Pohl HH, de Oliveira CF, Bragança GCM. Health workers: Cardiovascular risk and occupational stress. *Rev Bras Med Trab*. 2020;17(1):61-68. doi: 10.5327/Z1679443520190302
24. Kitaoka-Higashiguchi K, Morikawa Y, Miura K, et al. Burnout and risk factors for arteriosclerotic disease: Follow-up study. *J Occup Health*. 2009;51(2):123-131. doi: 10.1539/joh.18104
25. Melamed S, Shirom A, Toker S, Shapira I. Burnout and risk of type 2 diabetes: A prospective study of apparently healthy employed persons. *Psychosom Med*. 2006;68(6):863-869. doi: 10.1097/01.psy.0000242860.24009.f0
26. Toker S, Melamed S, Berliner S, Zeltser D, Shapira I. Burnout and risk of coronary heart disease: A prospective study of 8838 employees. *Psychosom Med*. 2012;74(8):840-847. doi: 10.1097/PSY.0b013e31826c3174
27. Toppinen-Tanner S, Ahola K, Koskinen A, Väänänen A. Burnout predicts hospitalization for mental and cardiovascular disorders: 10-year prospective results from industrial sector. *Stress Health*. 2009;25(4):287-296. doi: 10.1002/smi.1282
28. Armon G, Melamed S, Shirom A, Shapira I. Elevated burnout predicts the onset of musculoskeletal pain among apparently healthy employees. *J Occup Health Psychol*. 2010;15(4):399-408. doi: 10.1037/a0020726
29. Melamed S. Burnout and risk of regional musculoskeletal pain—a prospective study of apparently healthy employed adults. *Stress Health*. 2009; 25(4):313-321. doi: 10.1002/smi.1265
30. Grossi G, Thomtén J, Fandiño-Losada A, Soares JJ, Sundin Ö. Does burnout predict changes in pain experiences among women living in Sweden? A longitudinal study. *Stress Health*. 2009;25(4):297-311. doi: 10.1002/smi.1281
31. Kim H, Ji J, Kao D. Burnout and physical health among social workers: A three-year longitudinal study. *Soc Work*. 2011;56(3):258-268. doi: 10.1093/sw/56.3.258
32. Ahola K, Salminen S, Toppinen-Tanner S, Koskinen A, Väänänen A. Occupational burnout and severe injuries: An eight-year prospective cohort study among Finnish forest industry workers. *J Occup Health*. 2013;55(6):450-457. doi: 10.1539/joh.13-0021-0a
33. Fong TC, Ho RT, Ng SM. Psychometric properties of the Copenhagen Burnout Inventory-Chinese version. *J Psychol*. 2014;148(3):255-266. doi: 10.1080/00223980.2013.781498
34. Vodopyanova NE, Starchenkova ES. [From burnout to renewal: Experience and prospects for the burnout syndrome study in Russia.] *Natsional'nyy Psikhologicheskii Zhurnal*. 2006;(1(1)):126-130 (In Russ.)
35. Lyubimkina TA, Ivanova SV. The issues of psychosocial risk assessment and management: Russian and foreign experience. *XXI Vek. Tekhnosfernaya Bezopasnost'*. 2021;6(2(22)):168-179. (In Russ.) doi: 10.21285/2500-1582-2021-2-168-179
36. Hall VP, White KM, Morrison J. The influence of leadership style and nurse empowerment on burnout. *Nurs Clin North Am*. 2022;57(1):131-141. doi: 10.1016/j.cnur.2021.11.009
37. Agarwal SD, Pabo E, Rozenblum R, Sherritt KM. Professional dissonance and burnout in primary care: A qualitative study. *JAMA Intern Med*. 2020;180(3):395-401. doi: 10.1001/jamainternmed.2019.6326
38. Maslach C, Leiter MP. Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*. 2016;15(2):103-111. doi: 10.1002/wps.20311
39. Leung J, Rioseco P, Munro P. Stress, satisfaction and burnout amongst Australian and New Zealand radiation oncologists. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015;59(1):115-124. doi: 10.1111/1754-9485.12217
40. Pedditzi ML, Nonnis M, Nicotra EF. Teacher satisfaction in relationships with students and parents and burnout. *Front Psychol*. 2021;12:703130. doi: 10.3389/fpsyg.2021.703130
41. Simpson S, Simionato G, Smout M, et al. Burnout amongst clinical and counselling psychologist: The role of early maladaptive schemas and coping modes as vulnerability factors. *Clin Psychol Psychother*. 2019;26(1):35-46. doi: 10.1002/cpp.2328
42. Gascón S, Fueyo-Díaz R, Borao L, et al. Value conflict, lack of rewards, and sense of community as psychosocial risk factors of burnout in communication professionals (press, radio, and television). *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(2):365. doi: 10.3390/ijerph18020365
43. Groenewal PH, Putrino D, Norman MR. Burnout and motivation in sport. *Psychiatr Clin North Am*. 2021;44(3):359-372. doi: 10.1016/j.psc.2021.04.008
44. Testoni I, Nencioni I, Ronconi L, Alemanno F, Zamperini A. Burnout, reasons for living and dehumanisation among Italian penitentiary police officers. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9):3117. doi: 10.3390/ijerph17093117
45. Jin X, Sun IY, Jiang S, Wang Y, Wen S. The impact of job characteristics on burnout among Chinese correctional workers. *Int J Offender Ther Comp Criminol*. 2018;62(2):551-570. doi: 10.1177/0306624X16648419
46. Carleton RN, Afifi TO, Taillieu T, et al. Anxiety-related psychopathology and chronic pain comorbidity among public safety personnel. *J Anxiety Disord*. 2018;55:48-55. doi: 10.1016/j.janxdis.2018.03.006
47. Roy I. Le syndrome d'épuisement professionnel: définition, typologie et prise en charge [Burnout syndrome: definition, typology and management]. *Soins Psychi-atr*. 2018;39(318):12-19. (In French.) doi: 10.1016/j.spsy.2018.06.005
48. Chutko LS, Rozhkova AV, Surushkina SYu, Anisimova TI, Didur MD. Clinical manifestations of burnout. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2019;119(1):14-16. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro201911901114
49. von Känel R, van Nuffel M, Fuchs WJ. Risk assessment for job burnout with a mobile health web application using questionnaire data: A proof of concept study. *Biopsychosoc Med*. 2016;10:31. doi: 10.1186/s13030-016-0082-4
50. Colville GA, Smith JG, Brierley J, et al. Coping with staff burnout and work-related posttraumatic stress in intensive care. *Pediatr Crit Care Med*. 2017;18(7):e267-e273. doi: 10.1097/PCC.0000000000001179
51. Jones-Bitton A, Best C, MacTavish J, Fleming S, Hoy S. Stress, anxiety, depression, and resilience in Canadian farmers. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2020;55(2):229-236. doi: 10.1007/s00127-019-01738-2





Гигиеническая оценка влияния базовых станций сотовой связи на здоровье населения (обзор литературы)

А.М. Егорова, А.В. Сухова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, Московская обл., г. Мытищи, 141014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Базовые станции сотовой связи представляют собой сложный промышленный объект, являются источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона, электромагнитных полей промышленной частоты, а также источником повышенного шума. Базовые станции сотовой связи формируют сложный, изменяющийся во времени, модулированный многочастотный сигнал небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты. ВОЗ ввела термин «электромагнитное загрязнение окружающей среды», основным источником которого являются базовые станции сотовой связи. Это самое быстрорастущее антропогенное воздействие на окружающую среду с середины 20-го века.

Цель исследования: проанализировать по данным отечественных и зарубежных литературных источников влияние базовых станций на здоровье населения.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы за период 2008–2022 гг. о влиянии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона от базовых станций сотовой связи на здоровье населения с использованием соответствующих ключевых слов в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ и другим. В первоначальную выборку попало 50 статей, из них 15 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Критерии отбора: статьи, посвященные влиянию базовых станций сотовой связи на здоровье населения. Экспериментальные исследования на животных от базовых станций сотовой связи в выборку не вошли. В ходе выборки было отобрано 35 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Результаты. В отечественной и зарубежной литературе имеется достаточное количество доказательств о неблагоприятном воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, повреждения ДНК и др. В настоящее время существует острая необходимость в решении проблемы так называемого электросмога.

Выводы. В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, необходимо использовать предупреждающий подход для ограничения контакта групп риска: детей, подростков, больных хроническими заболеваниями и др. с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Ключевые слова: электромагнитные поля, базовые станции сотовой связи, обзор.

Для цитирования: Егорова А.М., Сухова А.В. Гигиеническая оценка влияния базовых станций сотовой связи на здоровье населения (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 75–80. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-75-80>

Сведения об авторах:

✉ **Егорова Анна Михайловна** – д.м.н., заведующая отделом медицины труда; e-mail: egorovaam@fferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Сухова Анна Владимировна – д.м.н., главный научный сотрудник, руководитель отделения разработки методов восстановительного лечения и реабилитации; e-mail: sukhovaav@fferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Егорова А.М.; сбор и обработка материала: Егорова А.М.; анализ и интерпретация результатов: Егорова А.М.; обзор литературы: Егорова А.М.; подготовка проекта рукописи: Сухова А.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 29.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Hygienic Assessment of Population Health Effects of Cellular Base Stations: A Literature Review

Anna M. Egorova, Anna V. Sukhova

F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene,
2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: A cellular base station is a sophisticated object, a source of radio and industrial frequency electromagnetic fields and of noise pollution. Cell sites generate a complex, time-varying, modulated multi-frequency signal of low intensity, yet having local gradients. The World Health Organization has introduced the notion of electromagnetic pollution of environment, the main source of which is a mobile phone base station. It is the fastest-growing anthropotechnogenic environmental impact since the 1950s.

Objective: To analyze the impact of mobile phone base stations on the health of population using data of domestic and foreign literary sources.

Materials and methods: A literature search was conducted for the years 2008 to 2022 on human health effects of radiofrequency electromagnetic radiation from cellular base stations using the relevant keywords in the PubMed, Scopus, Web of Science, Medline, the Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RSCI, and other databases. The initial sample included 50 articles, of which 15 were excluded after primary screening. Experimental studies on animals were not eligible for inclusion.

Results: The review of 35 full-text publications on the topic revealed a sufficient amount of evidence of adverse health effects of radiofrequency electromagnetic fields, including the radio frequency sickness, cancer, changes in biochemical parameters, DNA damage, etc. Currently, there is an urgent need to resolve the problem of the so-called electrosmog.

Conclusion: In order to prevent the diseases associated with the use of novel technologies, it is important to apply a preventive approach by limiting the exposure of groups at risk, such as children, adolescents, patients with chronic diseases etc., to sources of radiofrequency electromagnetic fields.

Keywords: electromagnetic fields, cellular base stations, overview.

For citation: Egorova AM, Sukhova AV. Hygienic assessment of population health effects of cellular base stations: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):75–80. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-75-80>

Author information:

✉ Anna M. Egorova, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Occupational Medicine; e-mail: egorovaam@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Anna V. Sukhova, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Head of the Department for Development of Methods of Restorative Treatment and Rehabilitation; e-mail: sukhovaav@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>.

Author contributions: study conception and design: Egorova A.M.; data collection and processing: Egorova A.M.; analysis and interpretation of results: Egorova A.M.; literature review: Egorova A.M.; draft manuscript preparation: Sukhova A.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with the rules of bioethics: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 29, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Базовые станции сотовой связи представляют собой сложный промышленный объект и являются источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона, электромагнитных полей промышленной частоты, а также источником повышенного шума.

По данным Международного агентства по исследованию рака (IARC), магнитное поле промышленной частоты было отнесено к потенциальным канцерогенам по лейкозам у детей, а в мае 2011 г. IARC отнесло электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые аппаратами сотовой связи, к категории 2B (потенциальных канцерогенов для людей) по рискам развития глиом у пользователей мобильных телефонов при длительной (более 10 лет) эксплуатации [1].

По данным Международного агентства по исследованию рака, воздействие электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на организм детей и подростков значительно сильнее, чем для взрослого: от 2 до 10 раз (для мозга и костей черепа соответственно), т. к. диэлектрические свойства некоторых тканей, в частности костей, меняются с возрастом. Костный мозг постепенно включает в себя больше жира, а сама кость увеличивается в толщине, затвердевает и теряет воду с течением времени. Обе эти ткани имеют проводимость у детей выше, чем у взрослых, и дети получают более высокое депонирование РЧ-энергии.

По данным Morgan LL и соавт. [2], имеются научные основания для ужесточения требований к ЭМП РЧ и классификации радиочастотных полей как вероятных канцерогенов для человека группы 2A в соответствии с критериями, используемыми Международным агентством по изучению рака (Лион, Франция). Авторы предлагают принять принцип минимальной разумной достижимости для использования технологии сотовой связи.

Цель исследования: проанализировать по данным отечественных и зарубежных литературных источников влияние базовых станций на здоровье населения.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы о влиянии на здоровье населения базовых станций сотовой связи и электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с использованием ключевых слов: электромагнитные поля радиочастотного диапазона, базовые станции сотовой связи, влияние на здоровье населения в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ и другим за период с 2008 по 2022 год.

В первоначальную выборку попало 50 статей, из них 15 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Критерии отбора статей: были отобраны только те исследования, в которых изучалось влияние базовых станций сотовой связи на здоровье населения. В ходе выборки было отобрано 35 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Результаты. Базовые станции сотовой связи формируют сложный, изменяющийся во времени, модулированный многочастотный сигнал небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты. По данным Зубарева Ю.Б. [3], элементы сотовой связи — базовые станции и абонентские терминалы — являются основным фактором электромагнитной нагрузки на население, условия воздействия которого малоконтролируемы, а биологическое действие недостаточно изучено. Данное излучение является совершенно новым фактором, не существующим в природе. ВОЗ ввела термин «электромагнитное загрязнение окружающей среды», основным источником которого являются базовые станции сотовой связи. По данным Зубарева Ю.Б. [3], частоты, на которых работает сотовая связь, совпадают с гамма-, альфа- и дельта-ритмами мозга и могут нарушать его функцию.

В отечественной и зарубежной литературе имеется множество научных доказательств о влиянии ЭМП РЧ на организм ребенка.

Так, в монографии Зубарева Ю.Б. [3] приводятся данные о влиянии ЭМП РЧ на изменение биоэлектрической активности мозга у детей, нарушении функционирования сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной систем.

В работах Овсянникова В.А. приводятся данные о влиянии мобильной связи на рост числа случаев замершей беременности [4].

В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, ряд стран мира используют предупреждающий подход для ограничения контакта детей с источниками электромагнитных полей.

Во Франции¹ запрещено использование Wi-Fi в детских садах и начальных классах школ, все соединения с интернетом должны быть исключительно проводными. Учреждения, предоставляющие общественный доступ к Wi-Fi, теперь должны будут отображать символ, указывающий на наличие электромагнитных волн. Помещения общественных зданий — детские сады, больницы и др. — должны быть расположены таким образом, чтобы они не подвергались избыточному влиянию ЭМИ.

¹ France bans Wifi in nurseries. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.connexionfrance.com/article/French-news/France-bans-Wifi-in-nurseries> (дата обращения: 05.09.2022).

Исследование ЭМП РЧ от базовых станций [5] показало, что на величину электромагнитной нагрузки влияло положение окон по отношению к базовой станции, в частности прямая видимость базовой станции, расстояние до антенны. Уровни ЭМП РЧ были выше на улице, чем в помещении, и днем выше, чем ночью.

Авторы ряда публикаций [6, 7] отмечают постоянное увеличение в городской среде воздействия на население радиочастотных электромагнитных полей от базовых станций сотовой связи, а также неоднородность электромагнитного поля, возникновение радиочастотных горячих точек. Измерения экспозиметром показывают, что большая часть воздействия обусловлена диапазонами нисходящей сотовой связи. Наиболее доминирующими являются диапазоны 2600 и 2100 МГц, используемые 4G и 3G соответственно. Отмечена необходимость применения как широкополосного анализатора радиочастот, так и портативного экспозиметра для исследования электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Отмечено, что на плотность потока энергии радиочастотного диапазона от базовых станций сотовой связи оказывают большое влияние рельеф местности, здания и деревья, которые вызывают отражение или поглощение. Кроме того, плотность радиочастотной мощности зависит от количества каналов, используемых антенной базовой станции, количества используемых временных интервалов и других специфических факторов мобильной связи. Максимальный уровень радиочастотного излучения базовой станции меняется в течение дня, что является показателем загруженности услуг мобильной связи. Кроме того, распределение плотности радиочастотной мощности в значительной степени определяется диаграммой направленности антенны. Самые высокие значения были получены на балконах в пределах основного лепестка излучения антенны. Было отмечено, что уровни воздействия ЭМП РЧ от базовых станций в спальнях детей существенно возрастают в течение дня, что может иметь пагубные последствия для физического и психического здоровья детей [8].

Baltrėnas P. и соавт. [9] исследовали 10-этажное жилое здание, расположенное рядом с антенной базовой станции мобильной связи, высота здания составляла 30 м, расстояние до базовой станции — 35 м. Антенна базовой станции находилась примерно на высоте шестого этажа. Авторы отмечают, что плотность мощности ЭМП РЧ от базовой станции в квартирах жилого дома на 6-м этаже была примерно в 15 раз больше по сравнению с 1-м этажом и на балконе 6-го этажа была примерно в три раза выше по сравнению с 3-м этажом.

Авторы [10] предлагают 3D-модель распространения радиоволн, которая учитывает геопространственную среду и конфигурацию антенны для прогнозирования ЭМП РЧ. Для 3D-моделирования ЭМП РЧ от базовых станций необходимы следующие входные данные: данные здания, данные антенны базовой станции и цифровая модель местности. В этих исследованиях было показано, что воздействие базовых станций сотовой связи составляло в среднем 35 % от общего воздействия ЭМП РЧ в помещении. Источником ЭМП РЧ в помещении были DECT-телефоны (40 % от общего ЭМП-РЧ в помещении). Доля Wi-Fi составила

7 %, а телевизионных и радиопередатчиков — 7 и 6 % соответственно.

Balmori A. и соавт. осуществлен обзор научных исследований, проведенных в реальных городских условиях при близком расположении базовых станций мобильной связи к квартирам жилых домов. Общие результаты этого обзора показывают три типа воздействия антенн базовых станций на здоровье людей: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, выявленные в 73,6 % случаев от общего числа исследований. Авторы статьи отмечают, что особое значение имеют исследования, проводимые вблизи антенн базовых станций на животных или деревьях, которые не могут осознавать свою близость к источникам и которым никогда нельзя приписать психосоматические эффекты [11].

Zothansiana и соавт. [12] исследовали влияние ЭМП радиочастотного диапазона от базовой станции на повреждение ДНК и антиоксидантный статус в культивируемых лимфоцитах периферической крови человека у лиц, проживающих вблизи базовых станций мобильных телефонов, по сравнению со здоровыми контрольными группами. Плотность потока энергии ЭМП радиочастотного диапазона у облученных лиц была значительно выше ($p < 0,0001$) по сравнению с контрольной группой. Повреждение ДНК оценивали с помощью анализа микроядер с блокировкой цитокинеза в двухъядерных лимфоцитах. Анализ данных облученной группы ($n = 40$), проживающей в пределах периметра 80 м от базовых станций мобильной связи, показал значительно ($p < 0,0001$) более высокую частоту повреждений ДНК по сравнению с контрольной группой, проживающей на расстоянии 300 м от базовых станций мобильной связи. Анализ различных антиоксидантов в плазме облученных лиц выявил значительное снижение концентрации глутатиона ($p < 0,01$), активности каталазы ($p < 0,001$) и супероксиддисмутазы ($p < 0,001$) и повышение перекисного окисления липидов по сравнению с контролем.

В исследовании «случай — контроль» [13] параметры генетического повреждения у лиц, проживающих вблизи базовых станций, были существенно выше в основной группе по сравнению с контрольной группой. Генетические повреждения, обнаруженные у участников этого исследования, необходимо принимать с учетом будущего риска заболевания, которое в дополнение к нейродегенеративным расстройствам может привести к раку.

При воздействии ЭМП РЧ может возникнуть электромагнитная гиперчувствительность. Симптомы электромагнитной гиперчувствительности включали: головную боль, артралгию, шум в ушах, головокружение, потерю памяти, усталость, бессонницу, временные сердечно-сосудистые нарушения и поражения кожи [14].

Григорьев Ю.Г. и соавт. [15] провели углубленное исследование о влиянии ЭМП на щитовидную железу детей и подростков. В данной публикации приведен анализ исследований отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемой изучения влияния электромагнитных полей на состояние щитовидной железы как вновь выявленного критического органа, непосредственно испытывающего данный тип воздействия при использовании нового поколения мобильной

связи. В разделе «Распределение поглощенных доз при пользовании мобильными телефонами» приведены исследования распределения и уровня поглощения электромагнитных полей при использовании мобильной связи, включая щитовидную железу. Обсуждаются вопросы моделирования ЭМП с учетом размеров головы и свойства тканей детей, представлены экспериментальные данные отечественных и зарубежных ученых о морфологических и гормональных изменениях в щитовидной железе подопытных животных при воздействии электромагнитных полей сотовой связи.

При изучении состояния здоровья школьников от базовых станций сотовой связи установлено, что у школьников, обучающихся в школах, расположенных вблизи базовых станций, чаще наблюдались нарушения памяти и внимания по сравнению с контрольной группой [16].

Авторы связывают неблагоприятное воздействие ЭМП РЧ с повышенным риском развития сахарного диабета [17], повышенной восприимчивостью к ЭМП РЧ детей [18–22], кожи [23, 24], а также неблагоприятным воздействием ЭМП РЧ на репродуктивную функцию [25].

Roseng K. и соавт. [26] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ на подростков в Швейцарии и проводили оценку вклада различных источников в общую поглощенную дозу ЭМП РЧ мозга и всего тела. Персональное воздействие измерялось с помощью портативного измерительного устройства, охватывающего 13 частотных диапазонов от 470 до 3600 МГц. Участники носили устройство в течение трех дней подряд и вели дневник времени и активности. Всего в исследовании приняли участие 90 подростков в возрасте от 13 до 17 лет. Вклады в электромагнитную нагрузку от базовых станций сотовой связи составили около 20 %. Воздействие источников окружающей среды привело к накоплению 6,0 % дозы ЭМП РЧ для мозга и 9,0 % дозы для всего тела.

В исследовании [27] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ в окружающей среде у 529 детей (в возрасте 8–18 лет) с использованием персональных портативных экспозиметров в течение трех дней в период с 2014 по 2016 год. Были установлены шесть частотных диапазонов: цифровая беспроводная связь (DECT), телевизионные антенны (широковещательные), мобильные телефоны (восходящая линия связи), базовые станции мобильных телефонов (нисходящая линия связи) и беспроводная связь (WiFi). Среднее персональное воздействие ЭМП РЧ составило 75,5 мкВт/м². Нисходящий канал внес наибольший вклад в общее воздействие (медиана 27,2 мкВт/м²). Воздействие от восходящей линии связи составило 4,7 мкВт/м². Воздействие ЭМП РЧ было выше в течение дня (94,2 мкВт/м²), чем ночью (23,0 мкВт/м²), и немного выше в выходные дни, чем в будние дни. Дети, живущие в городских условиях, подвергались более высокому воздействию, чем дети в сельской местности. Дети старшего возраста и пользователи мобильных телефонов имели более высокое воздействие восходящей линии связи по сравнению с детьми младшего возраста и теми, кто не пользовался мобильными телефонами. Был сделан вывод о том, что базовые станции сотовой связи вносят основной вклад в персональное воздействие ЭМП РЧ.

Vermeeren G. и соавт. [28] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ в школах, яслях, домах и офисах. Предложен метод оценки пространственного и временного воздействия на детей и взрослых в помещении без участия самих испытуемых. Оценена нагрузка от всех источников ЭМП. Установлено, что нисходящие сигналы от систем мобильной связи (Греция — GSM1800: в среднем до 25,6 %, Бельгия — GSM 900: в среднем до 36,6 %) и от внутренних систем (Греция — Wi-Fi 2G: в среднем до 30,1 %, Бельгия — DECT: до 36,2 %) внесли наибольший вклад в общую экспозицию. В Бельгии сигнал GSM 900 в среднем составляет более 20 % от общего значения в каждом месте. В домах основной вклад в общее поле приходится на внутренние источники: вклад DECT в среднем в Бельгии составляет 36,2 %, а в Греции — 28,2 %. В Бельгии средний вклад DECT в школах был значительно ниже (4,4 %) по сравнению с другими помещениями. Более высокие средние показатели для Wi-Fi 2G были получены в бельгийских офисах (13,6 %) и домах (6,7 %). Напротив, в Греции Wi-Fi 2G внес наибольший вклад в домашнюю среду (30,1 %).

Было изучено персональное воздействие ЭМП РЧ от мобильных телефонов [29] (восходящая линия связи) и базовых станций мобильных телефонов (нисходящая линия связи), установленных на крупной выставке. Измерения проводились с помощью персональных экспозиметров, размещенных на испытуемых. Эти экспозиметры были запрограммированы на проведение измерений каждые 4 с в разное время суток; утром, днем и ночью; вокруг выставочного ограждения и внутри ограждения. Измерения проводились в будний день, в выходные и на следующий день после окончания выставки после демонтажа временных базовых станций. Среднее зарегистрированное воздействие ЭМП РЧ от базовых станций (нисходящая линия связи) в дни открытия выставки (утром, днем и ночью) для трех исследованных зон составляло 791,8 мкВт/м², в то время как воздействие, создаваемое мобильными телефонами (восходящая линия связи), составляло 59,0 мкВт/м². После окончания выставки эти значения составили 391,2 мкВт/м² (базовые станции) и 10,3 мкВт/м² (сотовые телефоны) через несколько дней после окончания выставки. Установка базовых станций сотовой связи и большое количество людей, пользующихся мобильными телефонами во время выставки, привели к значительному увеличению персонального воздействия ЭМП РЧ по сравнению с тем, которое регистрировалось в обычные периоды в том же районе.

Авторы [30] указывают, что из-за экспоненциального роста использования беспроводных персональных коммуникационных устройств (например, мобильных или беспроводных телефонов и устройств с поддержкой Wi-Fi или Bluetooth) и инфраструктуры, обеспечивающей их, уровни воздействия радиочастотного электромагнитного излучения в полосе частот 1 ГГц, которая используется в основном для современной беспроводной связи, увеличились с крайне низкого естественного уровня примерно в 10¹⁸ раз. Авторы считают, что это самое быстрорастущее антропогенное воздействие на окружающую среду с середины XX века и его уровни снова значительно вырастут, поскольку такие технологии, как интернет вещей и 5G,

добавят миллионы радиочастотных передатчиков. Беспрецедентное воздействие радиочастотного электромагнитного излучения на человека с момента зачатия до смерти происходило в течение последних двух десятилетий. Доказательства его влияния на ЦНС, включая измененное развитие нервной системы [31] и повышенный риск некоторых нейродегенеративных заболеваний [32], вызывают серьезную озабоченность, учитывая неуклонный рост заболеваемости нервной системы. Существуют доказательства связи между нарушениями развития нервной системы или поведения у детей и воздействием беспроводных устройств.

В независимой научной организации Oceania Radiofrequency Scientific Advisory Association ученые-добровольцы создали крупнейшую в мире онлайн-базу данных рецензируемых исследований радиочастотного электромагнитного излучения и других искусственных электромагнитных полей более низких частот. Недавняя оценка 2266 исследований (включая исследования *in vitro* и *in vivo* на экспериментальных системах человека, животных и растений, а также популяционные исследования) показала, что в большинстве исследований ($n = 1546$, 68,2 %) были продемонстрированы значительные биологические эффекты или эффекты для здоровья, связанные с воздействием антропогенных электромагнитных полей. В 89 % (216 из 242) экспериментальных исследований, в которых изучались конечные точки окислительного стресса, были установлены значительные эффекты [30].

Обсуждение. Этот массив научных данных опровергает известное утверждение о том, что развертывание беспроводных технологий не представляет опасности для здоровья при разрешенных в настоящее время уровнях нетеплового радиочастотного воздействия. Ученые из 41 страны мира (International EMF Scientist Appeal) опубликовали результаты своих научных исследований по электромагнитным полям в рецензируемой литературе и коллективно обратились в ВОЗ и ООН с просьбой принять немедленные меры по снижению воздействия искусственных электромагнитных полей и радиации на население².

Искусственные электромагнитные поля варьируются от чрезвычайно низкой частоты (связанной с электроснабжением и электроприборами) до низкой, средней, высокой и чрезвычайно высокой (в основном связанной с беспроводной связью). Широко утверждалось, что радиочастотное электромагнитное излучение, будучи неионизирующим излучением, не обладает достаточной энергией фотонов, чтобы вызвать повреждение ДНК.

Радиочастотное электромагнитное излучение вызывает повреждение ДНК, по-видимому, из-за окислительного стресса, аналогично ультрафиолетовому излучению, которое также долгое время считалось безвредным [30, 33].

Внедрение новой технологии 5G NR значительно повысило обеспокоенность общественности возможным негативным воздействием на здоровье человека радиочастотных электромагнитных полей [34–35]. На частотах ЭМП РЧ выше 10 ГГц механизм воздействия может отличаться и воздействие

5G становится непредсказуемым. Существующие знания о механизме воздействия ЭМП РЧ на миллиметровых волнах не имеют достаточных экспериментальных данных и теоретических моделей. Недостаточные знания о возможных последствиях для здоровья на миллиметровых волнах и отсутствие экспериментальных исследований 5G NR подчеркивают настоятельную необходимость теоретических и экспериментальных исследований воздействия 5G на здоровье населения.

Закключение. В настоящее время существует острая необходимость в решении проблемы так называемого электросмога. В последние годы отмечается постоянное увеличение в городской среде уровней воздействия на население радиочастотных электромагнитных полей от базовых станций мобильных телефонов, а также неоднородность электромагнитного поля и возникновение радиочастотных горячих точек.

В отечественной и зарубежной литературе имеется достаточное количество доказательств о неблагоприятном воздействии ЭМП РЧ: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, повреждения ДНК и др.

В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, необходимо использовать предупреждающий подход для ограничения контакта групп риска: детей, подростков, больных хроническими заболеваниями и лиц, имеющих водители ритма, беременных женщин и др. — с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Список литературы / References

1. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 2013;102(Pt 2):1-460.
2. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol.* 2013;43(6):1833-1845. doi: 10.3892/ijo.2013.2111
3. Зубарев Ю.Б. Мобильный телефон и здоровье: монография. Москва: Первое экономическое издательство, 2021. 228 с.
3. Zubarev YuB. [Cell Phone and Health.] 6th ed. Moscow: First Economic Publ.; 2021. (In Russ.) doi: 10.18334/9785912923722
4. Овсянников В.А. Микроволновое радиоизлучение — современная угроза жизни человечества. Вideonauka. 2017. № 2-1 (6). С. 3.
4. Ovsyannikov VA. Microwave radio emission — a modern threat to the life of mankind. *Videonauka.* 2017;(2-1(6)):3. (In Russ.)
5. De Giudici P, Genier JC, Martin S, et al. Radiofrequency exposure of people living near mobile-phone base stations in France. *Environ Res.* 2021;194:110500. doi: 10.1016/j.envres.2020.110500
6. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hardell L. Very high radiofrequency radiation at Skeppsbron in Stockholm, Sweden from mobile phone base station antennas positioned close to pedestrians' heads. *Environ Res.* 2022;208:112627. doi: 10.1016/j.envres.2021.112627
7. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hedendahl LK, Hardell L. Radiofrequency radiation from nearby mobile phone base stations — a case comparison of one low and one high exposure apartment. *Oncol Lett.* 2019;18(5):5383-5391. doi: 10.3892/ol.2019.10899

² The International EMF Scientist Appeal serves as a credible and influential voice from EMF (electromagnetic field) scientists who are urgently calling upon the United Nations and its sub-organizations, the WHO and UNEP, and all U.N. Member States, for greater health protection on EMF exposure. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.emfscientist.org> (дата обращения: 5.09.2022).

8. Hardell L, Carlberg M, Hedendahl LK. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: A case report. *Oncol Lett*. 2018;15(5):7871–7883. doi: 10.3892/ol.2018.8285
9. Baltrėnas P, Buckus R, Vasarevičius S. Research and evaluation of the intensity parameters of electromagnetic fields produced by mobile communication antennas. *J Environ Eng Landsc Manage*. 2012;20(4):273–284. doi: 10.3846/16486897.2012.738680
10. Beekhuizen J, Vermeulen R, van Eijdsden M, et al. Modelling indoor electromagnetic fields (EMF) from mobile phone base stations for epidemiological studies. *Environ Int*. 2014;67:22–26. doi: 10.1016/j.envint.2014.02.008
11. Balmori A. Evidence for a health risk by RF on humans living around mobile phone base stations: From radiofrequency sickness to cancer. *Environ Res*. 2022;214(Pt 2):113851. doi: 10.1016/j.envres.2022.113851
12. Zothansiam, Zosangzuali M, Lalramdinpui M, Jagatia GC. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans residing in the vicinity of mobile phone base stations. *Electromagn Biol Med*. 2017;36(3):295–305. doi: 10.1080/15368378.2017.1350584
13. Gandhi G, Kaur G, Nisar U. A cross-sectional case control study on genetic damage in individuals residing in the vicinity of a mobile phone base station. *Electromagn Biol Med*. 2015;34(4):344–354. doi: 10.3109/15368378.2014.933349
14. Hardell L, Koppel T. Electromagnetic hypersensitivity close to mobile phone base stations – a case study in Stockholm, Sweden. *Rev Environ Health*. 2022. doi: 10.1515/reveh-2021-0169. Epub ahead of print.
15. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Щитовидная железа – новый критический орган воздействия электромагнитных полей мобильной связи: оценка возможных последствий для детей и подростков // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т. 66. № 2. С. 67–75. doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75
15. Grigor'ev YuG, Horseva NI, Grigor'ev PE. The thyroid – a new critical body for impacting electromagnetic fields mobile communications: Assessment of possible effects for children and adolescents. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'*. 2021;66(2):67–75. (In Russ.) doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75
16. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, Alnajashi I, Hajjar WM. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: Impact on students' cognitive health. *Am J Mens Health*. 2019;13(1):1557988318816914. doi: 10.1177/1557988318816914
17. Meo SA, Alsubaie Y, Almutawar H, AlQasem Y, Hasanato RM. Association of exposure to radio-frequency electromagnetic field radiation (RF-EMFR) generated by mobile phone base stations with glycated hemoglobin (HbA1c) and risk of type 2 diabetes mellitus. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(11):14519–14528. doi: 10.3390/ijerph121114519
18. Redmayne M. International policy and advisory response regarding children's exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Electromagn Biol Med*. 2016;35(2):176–185. doi: 10.3109/15368378.2015.1038832
19. Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: Different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323–335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
20. Чернова Г.В., Сидоров П.В., Ергольская Н.В., Алленова Е.А., Эндебера О.П. Экспериментальная оценка влияния электромагнитного излучения крайне высокой частоты на развивающийся организм // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 7 (328). С. 59–66. doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66
20. Chernova GV, Sidorov PV, Ergolskaya NV, Allenova EA, Endebera OP. Experimental evaluation of effects of electromagnetic radiation of extremely high frequency on the developing organism. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(7(328)):59–66. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66
21. Sangün O, Dündar B, Çömlekçi S, Büyükgebiz A. The effects of electromagnetic field on the endocrine system in children and adolescents. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2015;13(2):531–545.
22. Warille AA, Onger ME, Turkmen AP, et al. Controversies on electromagnetic field exposure and the nervous systems of children. *Histol Histopathol*. 2016;31(5):461–468. doi: 10.14670/HH-11-707
23. Alekseev SI, Radzievsky AA, Logani MK, Ziskin MC. Millimeter wave dosimetry of human skin. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(1):65–70. doi: 10.1002/bem.20363
24. Ziskin MC. Millimeter waves: acoustic and electromagnetic. *Bioelectromagnetics*. 2013;34(1):3–14. doi: 10.1002/bem.21750
25. Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem Biophys*. 2013;65(2):85–96. doi: 10.1007/s12013-012-9414-6
26. Roser K, Schoeni A, Struchen B, et al. Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents. *Environ Int*. 2017;99:303–314. doi: 10.1016/j.envint.2016.12.008
27. Birks LE, Struchen B, Eeftens M, et al. Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. *Environ Int*. 2018;117:204–214. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.026
28. Vermeeren G, Markakis I, Goeminne F, Samaras T, Martens L, Joseph W. Spatial and temporal RF electromagnetic field exposure of children and adults in indoor micro environments in Belgium and Greece. *Prog Biophys Mol Biol*. 2013;113(2):254–263. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2013.07.002
29. Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Najera A. Personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. *Environ Res*. 2019;175:266–273. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.033
30. Bandara P, Carpenter DO. Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact. *Lancet Planet Health*. 2018;2(12):e512–e514. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30221-3
31. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology*. 2008;19(4):523–529. doi: 10.1097/EDE.0b013e318175dd47
32. Zhang X, Huang WJ, Chen WW. Microwaves and Alzheimer's disease. *Exp Ther Med*. 2016;12(4):1969–1972. doi: 10.3892/etm.2016.3567
33. Bandara P, Weller S. Biological effects of low-intensity radiofrequency electromagnetic radiation – time for a paradigm shift in regulation of public exposure. *Radiat Protect Australas*. 2017;34:2–6.
34. Hardell L, Carlberg M. Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. *Oncol Lett*. 2020;20(4):15. doi: 10.3892/ol.2020.11876
35. Hinrikus H, Koppel T, Lass J, Orru H, Roosipuu P, Bachmann M. Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review based estimation of 5G impact. *Int J Radiat Biol*. 2022;98(7):1210–1221. doi: 10.1080/09553002.2022.2026516





Опыт внедрения современных методов анализа пищевой продукции в рамках обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора

В.Ю. Ананьев^{1,2}, М.В. Зароченцев², О.В. Моргачев², Мустафина И.З.¹

¹ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, г. Москва, 125993, Российская Федерация

² ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское ш., д. 19а, г. Москва, 117105, Российская Федерация

Резюме

Введение. Развитие социально ориентированного государства в условиях современного динамично изменяющегося мира диктует необходимость совершенствования систем контроля и надзора в области безопасности пищевой продукции, важнейшим элементом которых являются лабораторные исследования.

Цель исследования: анализ внедрения современных методов лабораторных исследований пищевой продукции в рамках обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Материалы и методы. Выполнен анализ имеющихся информационных материалов (92), отчетов (1110), организационно-распорядительных (18) и методических (18) документов Роспотребнадзора, ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации по вопросам лабораторных исследований пищевой продукции в 2017–2021 гг. в целях реализации распоряжений Правительства Российской Федерации. Использовались методы статистического анализа (статистическое наблюдение, сводка и группировка статистических данных, сравнительная оценка абсолютных и относительных величин).

Результаты. Совершенствование санитарно-гигиенических лабораторных исследований в области безопасности пищевой продукции осуществлялось в 2017–2021 гг. по трем основным направлениям: контроль содержания остаточных количеств антимикробных препаратов, выявление и идентификация незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ, мониторинг качества пищевой продукции. По каждому из направлений созданы опорные лабораторные центры, оснащенные современным высокоточным лабораторным оборудованием, разработаны и внедрены новые методики. Количество проводимых исследований по выявлению незаявленных, потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ и антимикробных препаратов за 2017–2021 гг. возросло в 9,4 раза – с 20 002 до 188 698, количество исследованных проб увеличилось в 6,4 раза – с 4014 до 25 611; в 32 раза увеличилось количество исследований, проводимых методом ВЭЖХ-МС/МС, в 4,2 раза – методом иммуноферментного анализа; в 3,2 раза возросло количество образцов, содержащих незаявленные и потенциально опасные непреднамеренно присутствующие вещества.

Заключение. Оснащение опорных лабораторных центров современным высокоточным оборудованием, разработка, аттестация и внедрение новых методик исследований (измерений), расширение номенклатуры стандартных образцов в 2017–2021 гг. позволили обеспечить результативное выявление, идентификацию незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ, остаточных количеств антимикробных препаратов, проведение эффективного мониторинга качества пищевой продукции во всех субъектах Российской Федерации.

Ключевые слова: организация санитарно-эпидемиологической службы, лабораторные исследования, национальные проекты, качество и безопасность пищевой продукции.

Для цитирования: Ананьев В.Ю., Зароченцев М.В., Моргачев О.В., Мустафина И.З. Опыт внедрения современных методов анализа пищевой продукции в рамках обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 81–91. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-81-91>

Сведения об авторах:

Ананьев Василий Юрьевич – к.м.н., доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Главный врач ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора; e-mail: ananeyv@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1670-6791>.

Зароченцев Михаил Валентинович – к.м.н., заведующий отделом лабораторного дела ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора; email: zarochentsev@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-9630>.

✉ **Моргачев** Олег Васильевич – заведующий отделом организации и проектной деятельности ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора; email: morgachev@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0466-8924>.

Мустафина Илина Закарияновна – к.м.н., доцент, заведующий учебной частью кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; email: kaf.orgses.rmapo@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3960-6830>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Ананьев В.Ю., Мустафина И.З.; сбор данных: Зароченцев М.В., Моргачев О.В.; анализ и интерпретация результатов: Ананьев В.Ю., Зароченцев М.В., Моргачев О.В., Мустафина И.З.; подготовка проекта рукописи: Моргачев О.В. Все авторы рассмотрели и одобрили окончательный вариант рукописи

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Ананьев В.Ю. является заместителем главного редактора научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 13.09.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликована: 14.10.22

Experience of Introducing Advanced Methods of Food Safety and Quality Testing as Part of Ensuring State Sanitary and Epidemiological Surveillance

Vasiliy Yu. Ananyev,^{1,2} Mikhail V. Zarochentsev,² Oleg V. Morgachev², Ilina Z. Mustafina¹

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Bldg 1, 2/1 Barrikadnaya Street, Moscow, 125993, Russian Federation

² Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Avenue, Moscow, 117105, Russian Federation

Summary

Introduction: Development of a socially oriented state in a modern dynamic and ever changing world necessitates improvement of control and inspection in the sphere of food security, the most important element of which is laboratory testing.

Objective: To analyze the experience of introducing advanced methods of food safety and quality testing into the current system of state sanitary and epidemiological surveillance.

Materials and methods: We analyzed 92 information materials, 1,110 test reports, 18 organizational and administrative documents, and 18 guidelines issued by the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing

and the Federal Center for Hygiene and Epidemiology and its affiliates in constituent entities of the Russian Federation on laboratory testing of food products in the years 2017–2021 within execution of orders of the Russian government. We used methods of statistical observation, data grouping, and comparative analysis of absolute and relative values.

Results: In 2017–2021, efforts for improvement of food safety and quality testing were focused on detection of residual antimicrobial agents, detection and identification of undeclared and potentially hazardous unintentionally present or added substances, and food quality monitoring. Reference laboratory centers equipped with modern high-precision equipment have been established for each of the directions and new methods have been developed and introduced. We observed a 9.4-fold increase in the number of tests for undeclared substances and antimicrobials in foods (from 20,002 in 2017 to 188,698 in 2021) and a 6.4-fold increase in the total number of samples tested (from 4,014 to 25,611). The number of tests performed using HPLC-MS/MS and the enzyme-linked immunosorbent assay increased by 32 and 4.2 times, respectively. We noted a 3.2-fold increase in the number of samples found to contain undeclared and potentially hazardous unintentionally present substances.

Conclusion: Supplying reference laboratory centers with modern high-precision equipment, developing, certifying and implementing new methods of testing, expanding the range of reference materials in the years 2017–2021 enabled effective detection and identification of undeclared and potentially hazardous unintentionally present/added substances, residual amounts of antimicrobial drugs, and effective food quality monitoring in all regions of the Russian Federation.

Keywords: management of sanitary and epidemiological service, laboratory testing, national projects, food quality and safety.

For citation: Ananyev VYu, Zarochentsev MV, Morgachev OV., Mustafina I.Z. Experience of introducing advanced methods of food safety and quality testing as part of ensuring state sanitary and epidemiological surveillance. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):81–91. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-81-91>

Author information:

Vasilyu Yu. **Ananyev**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; e-mail: ananyevvy@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1670-6791>.

Mikhail V. **Zarochentsev**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory Department, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; e-mail: zarochentsevmv@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-9630>.

✉ Oleg V. **Morgachev**, Head of the Department of Organization and Project Management, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; e-mail: morgachevov@fcgie.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0466-8924>.

Irina Z. **Mustafina**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the educational part of Department of Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; email: kaf.orgses.mapo@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3960-6830>

Author contributions: study conception and design: *Ananyev V. Yu., Mustafina I. Z.*; data collection: *Zarochentsev M. V., Morgachev O. V.*; analysis and interpretation of results: *Ananyev V. Yu., Zarochentsev M. V., Morgachev O. V., Mustafina I. Z.*; draft manuscript preparation: *Morgachev O. V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The coauthor of the article Vasilyu Yu. Ananyev is the Deputy Editor-in-Chief of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors declare that there is no conflict of interest.

Received: September 13, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Развитие социально ориентированного государства в условиях современного динамично изменяющегося мира диктует необходимость совершенствования систем контроля и надзора в области безопасности пищевой продукции, важнейшим элементом которых являются лабораторные исследования, включающие выявление, идентификацию и количественное определение химических веществ в отбираемых образцах и пробах.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (Food and Agriculture Organization, FAO) в обосновании новой стратегии¹ по итогам прошедшей в 2020 г. XXVII сессии Комитета по сельскому хозяйству подчеркнула, что устойчивое развитие стран и народов, всеобщая продовольственная безопасность невозможны без создания и эффективного функционирования глобальной и национальных систем безопасности пищевой продукции. Отсутствие достаточных мер по обеспечению безопасности пищевой продукции на государственном уровне приводит к серьезным медицинским, социальным, экономическим и экологическим последствиям.

Руководство FAO и ВОЗ² по совершенствованию национальных систем контроля за пищевыми продуктами называет службу лабораторного мониторинга в качестве одного из пяти фундаментальных блоков национальной системы контроля за пищевыми продуктами наряду с законодательным регулированием в соответствующей сфере, внедрением и координацией систем управления качеством пищевой продукции, контрольно-надзорной деятельностью, информированием, образованием и просвещением участников рынка и потребителей.

В 2015–2018 гг. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека проведен углубленный анализ данных о развитии потребительского рынка единого экономического пространства Евразийского экономического союза с позиций риск-ориентированного подхода к надзору за безопасностью потребительских товаров [1–7].

С учетом ключевых химических и биологических контаминантов пищевой продукции, формирующих риски возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой, нервной, иммунной систем, болезней крови, определены приоритетные виды экспортируемой странами – участниками ЕАЭС продукции, обуславливающей наибольшие риски причинения вреда здоровью человека. В их число вошли молочная, масложировая продукция, сахар и кондитерские изделия, яйца, продукция из мяса, рыбы, ракообразных, моллюсков и иных гидробионтов, алкогольные и безалкогольные напитки, плодоовощная продукция. Отмечена необходимость совершенствования лабораторного сопровождения риск-ориентированной контрольно-надзорной деятельности за безопасностью пищевой продукции на основании выявленных приоритетов.

Лабораторный контроль является ключевым элементом современных систем эффективного прогнозирования рисков в области обеспечения безопасности пищевой продукции [8–10].

Важнейшим направлением в деятельности лабораторных служб по обеспечению контроля безопасности пищевой продукции является мониторинг контаминации продовольственного

¹ Комитет по сельскому хозяйству FAO. Обоснование новой стратегии FAO в области безопасности пищевых продуктов. 28 сентября – 2 октября 2020 г. COAG/2020/11.

² FAO/WHO. Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems. Food and Nutrition Paper No. 76. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 2003. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.fao.org/3/y8705e/y8705e.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).

сырья и пищевой продукции антимикробными препаратами. Распространение антибиотикорезистентности микроорганизмов представляет существенную угрозу развитию общества и сохранению здоровья людей [11–13].

Согласно опубликованным в апреле 2021 г. данным Европейского агентства по безопасности продуктов питания о роли среды производства пищевых продуктов в возникновении и распространении устойчивости к противомикробным препаратам (научно обоснованное мнение EFSA) [14], выявлены многочисленные источники и пути контаминации, включая используемые при выращивании животных корма, воду, такие факторы окружающей среды, как воздух/пыль, почва, дикоживущие и синантропные грызуны и членистоногие, удобрения фекального происхождения, ирригационные и поверхностные воды для производства пищевых продуктов растительного происхождения, а также вода для аквакультуры.

Наиболее приоритетными для здоровья населения антибиотикорезистентными микроорганизмами являются энтеробактерии (включая *Salmonella enterica*), устойчивые к воздействию карбапенема, цефалоспоринов широкого спектра действия и/или фторхинолонов; устойчивые к фторхинолонам *Campylobacter spp.*; метициллинрезистентные *Staphylococcus aureus*; устойчивые к гликопептидам *Enterococcus faecium* и *Enterococcus faecalis* [14].

Подчеркивается необходимость принятия срочных мер по проведению расширенных исследований, направленных на контроль антибиотикорезистентности микроорганизмов в сфере производства пищевых продуктов.

В различных регионах мира^{3,4,5} проводятся научные исследования и реализуются государственные и межгосударственные программы по мониторингу антибиотикорезистентности, в том числе предотвращению контаминации антимикробными препаратами пищевой продукции [15–26].

Правительством Российской Федерации перед Федеральной службой по защите прав потребителей и благополучия человека поставлены задачи по расширению возможностей лабораторных центров, внедрению современных методов исследований, в том числе по показателям безопасности и качества пищевой продукции.

Важным направлением научно-практической деятельности службы является анализ проводимой органами и учреждениями Роспотребнадзора работы по совершенствованию лабораторного обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора [27–29].

Целью настоящей работы явился анализ внедрения современных методов лабораторных

исследований пищевой продукции в рамках обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Материалы и методы. Выполнен анализ информационных материалов (92), отчетов (1110), организационно-распорядительных (18) и методических (18) документов Роспотребнадзора, ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации по вопросам лабораторных исследований пищевой продукции в 2017–2021 гг. в целях реализации распоряжений Правительства Российской Федерации. Использовались методы статистического анализа (статистическое наблюдение, сводка и группировка статистических данных, сравнительная оценка абсолютных и относительных величин).

Результаты. Лабораторное обеспечение деятельности Роспотребнадзора осуществляется в соответствии с принципами программно-целевого подхода, направлено на исполнение указов Президента Российской Федерации и реализуется в соответствии с утверждаемыми Правительством Российской Федерации национальными и федеральными проектами, стратегиями, программами.

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года⁶ и план мероприятий по ее реализации⁷ выделяют мониторинг качества пищевой продукции как одну из основных задач, решение которой необходимо для укрепления здоровья, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения, соблюдения прав потребителей на приобретение качественной продукции.

В соответствии с распоряжением⁸ Правительства Российской Федерации № 1609-р от 28 июля 2017 г. перед учреждениями Роспотребнадзора поставлена задача по обеспечению контроля безопасности пищевой продукции на основе современных международных подходов к выявлению незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих химических веществ с применением современного инновационного оборудования, использующего высокоточные методы детектирования.

Стратегия⁹ предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 г. предусматривает модернизацию лабораторной базы с целью осуществления контроля содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции и продовольственном сырье животного происхождения.

Федеральным проектом «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»¹⁰ предусмотрено создание на базе

³ WHO Regional Office for Europe. 2015. Central Asian and Eastern European surveillance of antimicrobial resistance. Copenhagen: [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/293369/CAESAR-V2-Surveillance-Antimicrobial-Resistance-2015-en.pdf (дата обращения: 25.07.2022) (дата обращения: 20.07.2022).

⁴ ANSORP. Asian network for surveillance of resistant pathogens [Электронный ресурс.] Режим доступа: http://www.ansorp.org/06_ansorp/ansorp_01.htm (дата обращения: 20.07.2022).

⁵ ECDC. European antimicrobial resistance surveillance network (EARS-Net) [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.ecdc.europa.eu/en/about-us/partnerships-and-networks/disease-and-laboratory-networks/ears-net> (дата обращения: 20.07.2022).

⁶ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1364-р от 29.06.2016 «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

⁷ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 738-р от 19.04.2017 «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1609-р от 28.07.2017 «О выделении Роспотребнадзору бюджетных ассигнований из резервного фонда Правительства Российской Федерации в 2017 году».

⁹ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2045-р от 28.09.2017 «О Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в РФ на период до 2030 года».

¹⁰ Паспорт федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография», утв. президентом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам протоколом № 8 от 26.07.2017.

учреждений Роспотребнадзора современных испытательных лабораторных центров, укомплектованных необходимым оборудованием для определения показателей безопасности и качества пищевой продукции, включая содержание микро- и макронутриентов, идентификации биологически активных веществ, пищевых добавок в соответствии с международными методиками и методами, в т.ч. рекомендованными Комиссией FAO/ВОЗ по пищевым стандартам «Кодекс Алиментариус»¹¹, а также для осуществления лабораторного контроля соответствия пищевой продукции принципам здорового питания¹².

Схема основных направлений совершенствования лабораторного обеспечения Роспотребнадзора исследований пищевой продукции в 2017–2021 гг. представлена на рис. 1.

Для проведения исследований по выявлению незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ и антимикробных препаратов в пищевой продукции в период с 2017 по 2020 г. были поэтапно оснащены современным высокочувствительным лабораторным оборудованием (жидкостными и газовыми хромато-масс-спектрометрами, атомно-абсорбционными спектрометрами / атомно-эмиссионными спектрометрами с индуктивно-связанной плазмой) 16 опорных лабораторных центров, технические возможности которых позволяют обеспечить государственный санитарно-эпидемиологический надзор за качеством и безопасностью пищевой продукции во всех субъектах Российской Федерации.

Активное внедрение новых методик с применением вышеуказанного оборудования способствовало значительному увеличению количества исследований и расширению номенклатуры определяемых веществ. Количество ежегодно проводимых исследований

по выявлению незаявленных, потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ и антимикробных препаратов в пищевой продукции в период с 2017 по 2021 г. возросло в 9,4 раза — с 20 002 до 188 698, количество исследованных проб увеличилось в 6,4 раза — с 4014 до 25 611.

Динамика количества проб и исследований, выполненных центрами гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора с применением высокочувствительного оборудования и современных методов в 2017–2021 гг., представлена на рис. 2.

Приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека¹³ на базе ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» создан референс-центр Роспотребнадзора по мониторингу остаточного количества антибиотиков в продовольственном сырье и пищевых продуктах и антибиотикорезистентности бактерий (далее — Референс-центр).

В качестве опорных лабораторных баз Референс-центра в субъектах Российской Федерации определены 8 испытательных лабораторных центров (ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, центры гигиены и эпидемиологии в Ставропольском и Хабаровском краях, Нижегородской, Новосибирской, Ростовской и Свердловской областях, Санкт-Петербурге). В 4-м квартале 2017 г. опорные базы ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» были оснащены жидкостными хромато-масс-спектрометрами, в 2018–2019 гг. дооснащены остальные 6 опорных испытательных лабораторных центров.

С 2018 г. опорными испытательными лабораторными центрами Роспотребнадзора впервые стали проводиться мониторинговые исследования остаточного количества антибиотиков в продовольственном сырье и пищевых продуктах

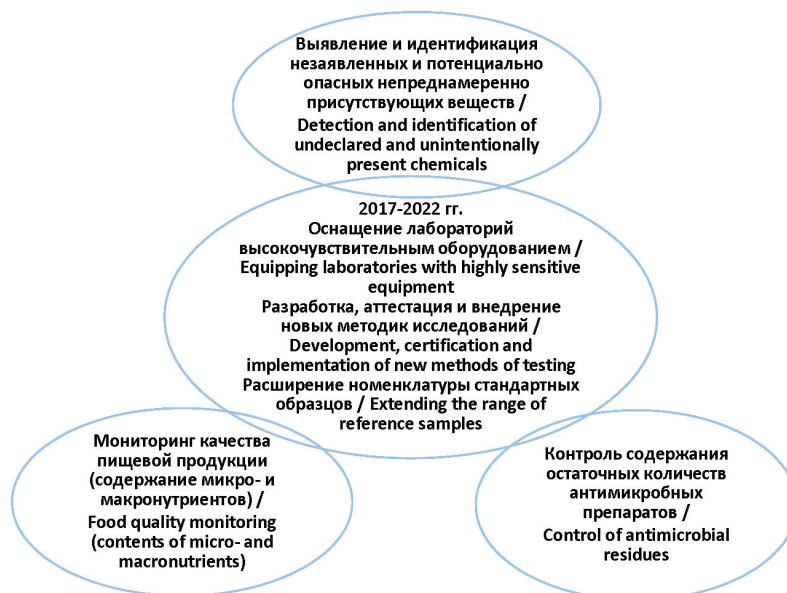


Рис. 1. Направления совершенствования лабораторного обеспечения Роспотребнадзора для проведения исследований пищевой продукции в 2017–2021 годах

Fig. 1. Directions for improving food safety and quality testing in support of Rosпотребнадзор surveillance in 2017–2021

¹¹ FAO/WHO. Codex Alimentarius international food standards [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en/> (дата обращения: 25.07.2022).

¹² Официальный сайт ВОЗ. Информационный бюллетень «Здоровое питание» [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 25.07.2022).

¹³ Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 97 от 26.02.2018 «О реализации распоряжения Правительства Российской Федерации от 03.02.2017 № 185-р».

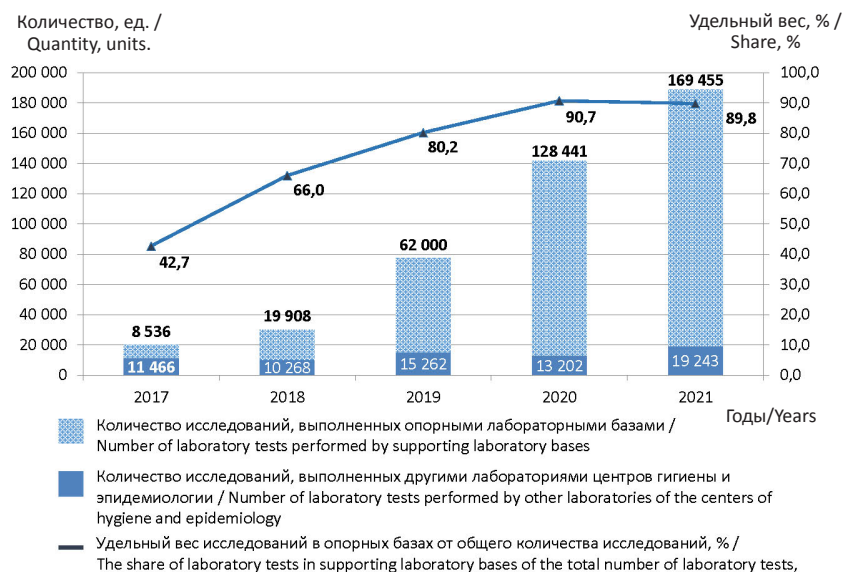


Рис. 2. Динамика количества исследований, выполненных центрами гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора с применением высокочувствительного оборудования в 2017–2021 гг.

Fig. 2. The increase in the number of tests performed by laboratories of the Centers for Hygiene and Epidemiology using highly sensitive equipment in 2017–2021

с применением метода высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии с тройным квадруполом, позволяющего определять наличие остаточных количеств антимикробных препаратов с чувствительностью от 0,0002 мг/кг. По сравнению с 2018 г. в 2021 г. отмечается значительный рост (в 32 раза) количества исследований, проводимых методом ВЭЖХ-МС/МС. Количество исследований методом иммуноферментного анализа возросло в 4,1 раза (табл. 1).

Ежегодно увеличивается количество выявляемых опорными лабораторными центрами Роспотребнадзора образцов пищевой продукции и биологически активных добавок к пище, загрязненных антимикробными препаратами, расширяется перечень определяемых показателей: 2018–2019 гг. – 51, 2020 г. – 85, 2021 г. – 91 (табл. 2).

В 2017 г. испытательными лабораторными центрами Роспотребнадзора проводились исследования только на нормируемые в технических регламентах Таможенного союза антимикробные препараты, такие как бацитрацин, пенициллин, стрептомицин, тетрациклиновая группа, левомицетин (хлорамфеникол).

В настоящее время опорными лабораторными центрами проводится определение более 90 антимикробных препаратов 14 групп: амфениколы, пенициллины, нитроимидазолы, сульфаниламиды, тетрациклины, хинолоны, нитрофураны, кокцидиостатики, полипептиды, аминогликозиды, цефалоспорины, макролиды, плевомутиллины, линкозамиды.

Показателем эффективности применения опорными лабораторными центрами высокоинформативных методов исследования является

Таблица 1. Динамика применения опорными лабораторными центрами методов ВЭЖХ-МС/МС и ИФА для проведения исследований за период 2018–2021 гг.

Table 1. The number of tests performed using HPLC-MS/MS and ELISA methods by the reference laboratory centers in 2018–2021

Метод / Method	Количество исследований / Number of tests			
	2018	2019	2020	2021
Высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС) / High-performance liquid chromatography – tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS)	2 466	13 636	53 649	79 100
Иммуноферментный анализ (ИФА) / Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)	1 567	1 501	4 577	6 506

Таблица 2. Динамика выявления опорными лабораторными центрами образцов пищевой продукции и биологически активных добавок к пище, загрязненных антимикробными препаратами и с превышением допустимых уровней их содержания за период 2019–2021 гг.

Table 2. Detection of samples of foods and biologically active additives contaminated with and/or containing excessive levels of antimicrobials by the reference laboratories in 2019–2021

Показатель / Indicator	2019	2020	2021	Всего / Total
Количество проанализированных образцов / Analyzed samples, <i>n</i>	1 395	4 884	4 848	11 127
Количество проведенных исследований / Tests, <i>n</i>	15 137	60 614	86 066	161 817
Количество загрязненных образцов / Contaminated samples, <i>n</i>	171	643	974	1 788
Доля загрязненных образцов, % / Contaminated samples, %	12,3	16,2	20,1	16,1
Количество образцов с превышением допустимых уровней / Nonconforming product samples, <i>n</i>	26	26	36	88
Доля образцов с превышением допустимых уровней, % / Nonconforming product samples, %	1,86	0,53	0,74	0,79
Количество наименований определяемых антимикробных препаратов / Antimicrobials detected, <i>n</i>	51	85	91	91

высокий уровень выявляемости антимикробных препаратов в продукции.

В 2020–2021 гг. доля образцов, исследованных в опорных лабораториях, составила 17,9 % от общего количества образцов, исследованных лабораториями центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

При этом доля контаминированных антимикробными препаратами образцов, выявленных опорными базами, составила 94,1 % от общего количества контаминированных образцов, выявленных всеми лабораториями центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. Доля образцов с превышением допустимых уровней, выявленных опорными лабораторными центрами, составила 74,7 % от общего количества таких образцов, выявленных лабораториями центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора (рис. 3).

С внедрением методик по определению остаточных количеств антимикробных препаратов методом ВЭЖХ-МС/МС изменилась структура выявляемых антимикробных препаратов в субъектах Российской Федерации.

В 2018–2021 гг. наиболее часто выявлялись хлорамфеникол и его производные, антибиотики

тетрациклиновой группы и пенициллины. В 2018–2019 гг. в структуре выявляемых антимикробных препаратов с превышением допустимых уровней преобладал хлорамфеникол и его производные, в 2020–2021 гг. — антибиотики тетрациклиновой группы. Увеличилась доля образцов с превышением допустимого уровня выявляемых в пищевых продуктах остаточных количеств полипептидов, хинолонов, нитроимидазолов, нитрофуранов, кокцидиостатиков (табл. 3).

Внедрение методик определения остаточных количеств антимикробных препаратов методом ВЭЖХ-МС/МС позволило значительно расширить номенклатуру исследуемых групп продукции.

В 2020 г. наибольшее количество контаминированных образцов выявлено в следующих группах продукции: мясо и мясопродукты (5,8 %), птица, яйца и яйцопродукты (5,3 %), рыба и рыбная продукция (5,3 %). При этом превышение допустимого уровня антимикробных препаратов преобладало в рыбе и рыбной продукции (1,15 %), молоке и молочных продуктах (0,24 %) и детском питании (0,24 %)¹⁴.

В 2021 г. в структуре пищевой продукции наибольшее количество контаминированных

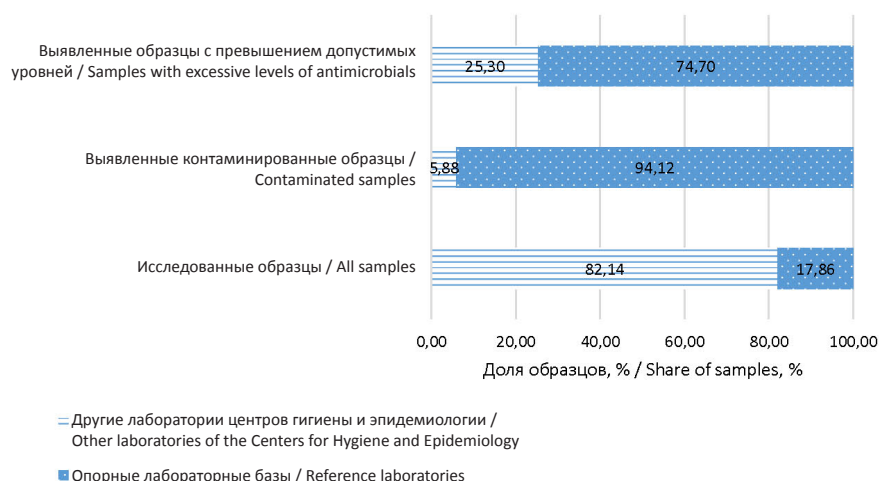


Рис. 3. Сравнительные показатели эффективности применения современных методов исследования опорными испытательными лабораториями и другими лабораториями центров гигиены и эпидемиологии в 2020–2021 гг.

Fig. 3. Comparative effectiveness of applying advanced methods of testing by reference and other laboratories of the Centers for Hygiene and Epidemiology in 2020–2021

Таблица 3. Структура распределения по наименованиям выявляемых лабораториями Роспотребнадзора антимикробных препаратов в пищевой продукции и продовольственном сырье в 2018–2021 гг.

Table 3. Food and food raw sample distribution by antimicrobial drugs detected by Rospotrebnadzor laboratories in 2018–2021

Антимикробный препарат / Antimicrobial drug	Распределение контаминированных образцов, % / Distribution of contaminated samples, %			Распределение образцов с превышением допустимого уровня, % / Distribution of nonconforming product samples, %		
	2018–2019	2020	2021	2018–2019	2020	2021
Хлорамфеникол и его производные / Chloramphenicol and its derivatives	40,8	46,8	45,6	90,3	22,2	28,4
Тетрациклины / Tetracyclines	30,6	22,9	24,4	5,8	63,0	54,7
Пенициллины / Penicillins	7,6	19,0	17,7	1,6	7,4	4,2
Полипептиды / Polypeptides	3,7	3,63	5,3	2,2	5,6	–
Аминогликозиды / Aminoglycosides	5,5	4,7	4,4	–	–	1,1
Хинолоны / Quinolones	1,0	1,44	2,8	–	–	–
Сульфаниламиды / Sulfonamides		0,94	0,5		–	–
Кокцидиостатики / Coccidiostatics		0,31	0,7		–	1,1
Нитрофураны / Nitrofurans		0,25	2,7		1,9	–
Нитроимидазолы / Nitroimidazoles		0,13	0,2		–	2,1

¹⁴ Сбор данных о структуре пищевой продукции, исследованной на определение антимикробных препаратов в рамках исполнения распоряжения Правительства Российской Федерации от 03.02.2017 № 185-р, проводится с 2020 года.

образцов выявлено в мясе и мясопродуктах (10,0 %), рыбе и рыбной продукции (8,9 %), молоке и молочной продукции (6,7 %), птице, яйцах и яйцепродуктах (6,6 %). При этом наибольшее количество случаев превышения допустимого уровня антимикробных препаратов в 2021 г. выявлено среди образцов меда (2,30 %), мяса и мясопродуктов (0,40 %) (табл. 4).

В рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в период с 2019 по 2020 г. поэтапно укомплектованы оборудованием для определения показателей качества пищевой продукции, содержания микро- и макроэлементов, идентификации биологически активных веществ, пищевых добавок 27 испытательных лабораторных центров.

Приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека¹⁵ утвержден перечень из 15 опорных испытательных лабораторных центров Роспотребнадзора по исследованиям качества и безопасности пищевых продуктов (ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, центры гигиены и эпидемиологии в Белгородской, Калининградской, Московской, Нижегородской, Омской, Ростовской, Свердловской областях, Красноярском, Приморском, Ставропольском и Хабаровском краях, городах Москве и Санкт-Петербурге, Республике Татарстан), дооснащение которых необходимым оборудованием позволило обеспечить требуемые объемы исследований и территориальный охват всех субъектов Российской Федерации мониторингом качества и безопасности находящихся в торговой сети пищевых продуктов в соответствии с целями и задачами национального проекта.

В 2021 году поступило на исследование 11 660 образцов по основным группам пищевой продукции из более чем 4800 торговых точек в 49 субъектах Российской Федерации (в 2020 г. — 12 578 образцов из 2400 торговых точек в 24 субъектах, в 2019 г. — 3080 образцов из 500 торговых точек в 5 субъектах).

По результатам проводимых исследований качества пищевой продукции несоответствие

заявленным на этикетке показателям пищевой ценности (жиры, белки, углеводы, энергетическая ценность и др.) выявлено почти в каждом четвертом образце (2021 г. — в 3061 образце (26,3 %); 2020 г. — в 3749 образцах (29,8 %); 2019 г. — в 756 образцах (24,5 %)). Сведения за 2021 год по основным группам продукции представлены в табл. 5.

Для создания сети опорных лабораторных центров Роспотребнадзора и обоснования их выбора использовали комплекс релевантных критериев оценки, включающий географическое местоположение с учетом необходимости наличия лаборатории в каждом федеральном округе, численность населения (более 1 млн чел.) в субъекте Российской Федерации, доступность транспортной инфраструктуры для обеспечения удобной логистики доставки проб, состояние материально-технической базы лаборатории, уровень подготовки и квалификацию персонала, готовность к освоению и внедрению современных технологий лабораторных исследований.

Новое оборудование, поставленное в опорные лабораторные центры, позволило освоить и внедрить в практику учреждений Роспотребнадзора современные методы исследований, включая tandemную хромато-масс-спектрометрию, обеспечивающую определение более 200 наименований незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ, в том числе остаточных количеств антимикробных и ветеринарных препаратов, микотоксинов, пестицидов, лекарственных препаратов (ингибиторы фосфодиэстеразы-5, сибутрамин), глицидола, а также атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой, обеспечивающую высокоточное определение до 70 наименований элементов. Впервые в учреждениях Роспотребнадзора внедрен метод спектрометрии ядерно-магнитного резонанса (ЯМР).

Для достижения поставленных целей по обеспечению качества пищевых продуктов ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора разработаны, аттестованы и внедрены новые методики исследований, в том числе по определению содержания в различных

Таблица 4. Группы пищевой продукции, исследуемой лабораториями Роспотребнадзора с целью определения антимикробных препаратов в 2020–2021 гг.

Table 4. Food groups tested for antimicrobial drugs by Rosptotrebnadzor laboratories in 2020–2021

Наименование группы продукции / Food group	Количество образцов / Total samples, n		Из них контаминированных, (образцов / %) / Contaminated samples, %		Из них превышающих допустимый уровень, (образцов / %) / Nonconforming product samples, %	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Молоко и молочные продукты / Milk and dairy products	13683 / 65590	17176 / 77953	516 / 3,8	1152 / 6,7	33 / 0,24	44 / 0,26
Мясо и мясопродукты / Meat and meat products	8051 / 25280	9650 / 44018	469 / 5,8	805 / 10,0	14 / 0,17	39 / 0,40
Птица, яйца и яйцепродукты / Poultry, eggs and egg products	4398 / 16604	6850 / 35557	233 / 5,3	449 / 6,6	5 / 0,11	7 / 0,10
Продукты детского питания / Baby food	1240 / 4244	1354 / 4207	20 / 1,6	18 / 1,3	3 / 0,24	—
Рыба и рыбная продукция / Fish and fish products	657 / 2274	1033 / 7083	35 / 5,3	92 / 8,9	1 / 1,5	1 / 0,10
Масложировая продукция / Fat and oil products	144 / 535	268 / 703	3 / 2,1	14 / 5,2	—	—
Кулинарные изделия / Culinary products	117 / 312	224 / 801	6 / 5,1	5 / 4,3	—	—
Мед / Honey	67 / 627	87 / 950	—	5 / 7,5	—	2 / 2,30
Всего / Total	26923 / 108222	37295 / 173254	1233 / 4,58	2104 / 5,64	51 / 0,19	94 / 0,25

¹⁵ Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 7 от 10.01.2022 «О совершенствовании системы лабораторного контроля».

Таблица 5. Доля образцов, не соответствующих заявленным производителем значениям показателей пищевой ценности, выявленная в исследованных группах пищевой продукции в 2021 году

Table 5. The proportion of food samples noncompliant with declared nutritional values identified in the food groups tested in 2021

Группа продуктов / Food group	Доля образцов, в которых выявлены несоответствия значениям, заявленным производителем, % / Proportion of samples demonstrating labelling noncompliance, %			
	Белки / Proteins	Жиры / Fats	Углеводы / Carbohydrates	Энергетическая ценность / Energy value
Безглютеновые продукты / Gluten-free products	16,7	13,3	21,1	20,8
Консервы мясные (паштетные) / Canned meat	15,7	13,1	12,3	17,2
Обогащенные зерновые продукты / Enriched grains	14,5	11,5	17,4	18,2
Йогурты / Yoghurt	14,5	7,8	16,3	16,3
Конфеты / Candies	13,6	14,5	16,1	16,1
Мясо кусковое сырое / Raw meat (lump)	13,5	17	0,8	23,3
Рыбные консервы / Canned fish	11,7	9,8	—	11,7
Творог / Cottage cheese	10,4	4,6	40	12,1
Мороженое / Ice-cream	9,8	7,3	13,5	11,8
Молоко / Milk	9,4	7	8,9	11,4
Сосиски / Sausages	9,1	12,4	7,8	16,3
Кефир / Kefir	9	10,8	10,7	11,5
Хлеб ржано-пшеничный / Rye and wheat bread	8,4	4,7	14,5	15,8
Печенье / Cookies	7,8	6,9	10,7	12,1
Сметана / Sour cream	7,1	2,5	11,4	9,3
Хлеб пшеничный / Wheat bread	6,3	5,2	12,3	12,3
Сгущенное молоко / Condensed milk	5,2	2,7	4	5,2
Макаронные изделия / Macaroni products	3,9	2,3	5,2	5
Масло сливочное / Butter	—	4,4	—	7,5

видах продукции витамина B₅ (пантотеновой кислоты)¹⁶, витамина B₉ (фолиевой кислоты)¹⁷, синтетических красителей¹⁸, натамицина¹⁹ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии; стерина методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием²⁰; натрия, калия, кальция и магния методом атомно-абсорбционной спектроскопии²¹; по определению качества охлажденной пищевой рыбной продукции методом ЯМР-релаксометрии²², а также методические рекомендации по проведению пробоподготовки продуктов для определения жирно-кислотного состава и содержания транс-изомеров жирных кислот²³.

ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора совместно с ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» разработаны методические рекомендации по выявлению и идентификации незаявленных и потенциально опасных непред-

намеренно присутствующих химических веществ в пищевой продукции²⁴.

В целях бесперебойного централизованного обеспечения опорных лабораторий в 2020 г. на базе ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора создан и функционирует «Банк стандартов» (включающий государственные стандартные образцы, иные стандартные образцы, химически чистые вещества 242 наименований), создание которого обеспечило возможность опорным лабораторным центрам Роспотребнадзора внедрить на высокочувствительном оборудовании (ГХ-МС, ГХ-МС/МС, ВЭЖХ, ВЭЖХ-МС/МС) современные методики количественного определения антимикробных, ветеринарных, препаратов, пестицидов, глицидола и глицидиловых эфиров, стерина, а также расширить номенклатуру определяемых показателей и область аккредитации.

Количество образцов, в которых выявлено содержание незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ

¹⁶ МУК 4.1.3656–20 «Определение витамина B₅ (пантотеновой кислоты) в продуктах питания методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

¹⁷ МУК 4.1.3605–20 «Определение витамина B₉ (фолиевой кислоты) в обогащенных пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

¹⁸ МУК 4.1.3665–20 «Определение синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

¹⁹ МУК 4.1.3604–20 «Методика измерения массовой доли натамицина в пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием».

²⁰ МУК 4.1.3653–20 «Определение стерина в молоке и молочной продукции методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием», МУК 4.1.3654–20 «Определение стерина в мясе и мясной продукции методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием», МУК 4.1.3655–20 «Определение стерина в кондитерских изделиях методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием», МУК 4.1.3666–20 «Определение стерина в мясе и мясной продукции методом газовой хроматографии», МУК 4.1.3667–20 «Определение стерина в молоке и молочной продукции методом газовой хроматографии».

²¹ МУК 4.1.3606–20 «Определение натрия, калия, кальция и магния в пищевых продуктах методом атомно-абсорбционной спектроскопии».

²² МУК 4.3.3551–19 «Определение качества охлажденной пищевой рыбной продукции методом ЯМР-релаксометрии».

²³ МР 4.1.0213–20 «Методические рекомендации по проведению пробоподготовки пищевых продуктов для определения жирно-кислотного состава и транс-изомеров жирных кислот».

²⁴ МР 1.2.0228–20 «Порядок выявления и идентификации незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих химических веществ в пищевой продукции».

(пестициды, консерванты, красители, ветеринарные препараты, глютен, лактоза и др.), в 2021 г. в сравнении с 2020 годом увеличилось в 3,2 раза, в том числе образцов с превышением гигиенических нормативов – в 1,3 раза (табл. 6).

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. в 1,9 раза увеличилось количество исследований масло-жировой продукции по определению глицидола и глицидиловых эфиров (с 268 до 521) и количество выявленных загрязненных образцов (с 218 до 407).

С 2021 г. организовано усиление контроля за плодоовощной продукцией с использованием возможностей опорных лабораторий по применению высокоточных методов определения пестицидов. В 2021–2022 гг. проведены качественные и количественные исследования 20 414 проб плодоовощной продукции, в 720 пробах выявлена контаминация.

В целях подтверждения компетентности испытательных лабораторных центров Роспотребнадзора организованы и проведены раунды внешнего контроля качества Системы контроля качества лабораторных исследований (ВКК СККЛИ). Результаты межлабораторных сличительных испытаний продемонстрировали сопоставимость результатов исследований, проведенных с применением различных методов (методик) (табл. 7).

Обсуждение. Оснащение опорных лабораторных центров современным высокоточным оборудованием, разработка, аттестация и внедрение новых методик исследований (измерений), расширение номенклатуры стандартных образцов в 2017–2021 гг. позволили обеспечить результативное выявление, идентификацию незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ, остаточных количеств антимикробных препаратов, проведение эффективного мониторинга

Таблица 6. Динамика выявления опорными лабораторными базами незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ в образцах пищевой продукции в 2020–2021 гг.²⁵

Table 6. Results of detecting undeclared and potentially hazardous unintentionally present substances in food samples by the reference laboratories in 2020–2021

Показатель / Indicator	2020	2021	2020–2021
Количество проведенных исследований / Laboratory tests, <i>n</i>	10 039	51 292	61 331
Количество загрязненных образцов / Contaminated samples, <i>n</i>	1 254	4 005	5 259
Количество образцов с превышением допустимых уровней / Nonconforming product samples, <i>n</i>	359	270	629

Таблица 7. Результаты деятельности учреждений Роспотребнадзора в рамках внешнего контроля качества Системы контроля качества лабораторных исследований (ВКК СККЛИ) в период 2020–2021 гг.

Table 7. Results of proficiency testing of Rosпотребнадзор laboratories in 2020–2021

Определяемые показатели / Indicators tested	Количество участников / Number of participating laboratories	Доля удовлетворительных результатов, % / Satisfactory results, %
Массовая концентрация углеводов (моно- и дисахаридов) в пищевом продукте (консервы молочные – молоко сгущенное) / Mass concentration of carbohydrates (mono- and disaccharides) in condensed milk	11	100,0
Массовая доля белка в пищевой продукции (хлебобулочные изделия – сушки) / Mass fraction of protein in pretzel	113	84,0
Массовая доля трансизомеров жирных кислот в пищевом продукте (масло шоколадное) / Mass fraction of trans isomers fatty acids in chocolate butter	50	92,0
Массовая доля пищевых волокон (суммарно) пищевой продукции (отруби) / Mass fraction of dietary fiber in bran	7	71,0
Содержание витаминов группы Е в пищевом продукте (смесь сухая инстантная для питания беременных и кормящих женщин на молочной основе) / Vitamin E in milk formula for pregnant and lactating women	39	89,7
Синтетические красители (тартразин) в пищевом продукте (напиток сокодержательный) / Tartrazine in juice drink	43	71,0
Стерины в пищевом продукте (сыр): / Sterols in cheese:	холестерин / cholesterol	61
	брасикастерин / brassicasterol	66
	кампестерин / campesterol	67
	стигмастерин / stigmasterol	67
	β-ситостерин / β-sitosterol	67
Органические кислоты в пищевом продукте (сок): / Organic acids in juice:	лимонная кислота / citric acid	60
	яблочная кислота / malic acid	60
	янтарная кислота / succinic acid	59
	молочная кислота / lactic acid	58
	уксусная кислота / acetic acid	57
Влажность в пищевом продукте (готовые завтраки) / Humidity (cold breakfast cereals)	283	91,17
Незаявленные (непреднамеренно присутствующие) пестициды в воде / Undeclared (unintentionally present) pesticides in water	16	93,7

²⁵ Опорные лабораторные центры для определения незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ дооснащены в период 2017–2020 гг., поэтому сбор отчетных данных о выявлении незаявленных веществ проводится с 2020 г.

качества пищевой продукции во всех субъектах Российской Федерации.

По результатам анализа проведенных исследований с целью выработки единых подходов с преимущественным применением более высокочувствительных и селективных методов (методик) определены их оптимальные перечни.

Количество проводимых исследований по выявлению незаявленных, потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ и антимикробных препаратов за 2017–2021 гг. возросло в 9,4 раза – с 20 002 до 188 698, количество исследованных проб увеличилось в 6,4 раза – с 4014 до 25 611; увеличилось количество исследований, проводимых высокочувствительными методами (ВЭЖХ-МС/МС – в 32 раза, ИФА – в 4,1 раза), в 3,2 раза возросло количество образцов, содержащих незаявленные и потенциально опасные непреднамеренно присутствующие вещества.

Успешное функционирование сети лабораторий существенно ограничило возможность поступления к потребителям некачественной пищевой продукции, в том числе контаминированной опасными химическими веществами либо не соответствующей по показателям пищевой ценности, что будет способствовать здоровьесбережению населения страны.

Заключение. Таким образом, за период с 2017 по 2021 г. ведомственная сеть оснащенных современным высокоточным оборудованием опорных лабораторных центров позволила повысить эффективность выявления и идентификацию незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих веществ в пищевой продукции, осуществлять контроль содержания остаточных количеств антимикробных препаратов и мониторинг качества в рамках государственного санитарно-эпидемиологического надзора за качеством и безопасностью пищевой продукции во всех субъектах Российской Федерации.

Проведенные мероприятия по расширению технических возможностей сети опорных лабораторных центров позволят в дальнейшем расширить спектр определяемых веществ в пищевой продукции (противовоспалительные, противоопухолевые, антипаразитарные ветеринарные препараты, стимуляторы роста и др.), а также распространить полученный практический опыт на другие объекты исследований (вода, воздух, непродовольственная продукция).

Список литературы

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. К проблеме выбора приоритетов при организации риск-ориентированного надзора за безопасностью потребительской продукции, обращаемой на едином экономическом пространстве России, Республики Беларусь и Республики Казахстан // *Анализ риска здоровью*. 2015. № 3. С. 4–12. doi: 10.21668/health.risk/2015.3.01
2. Попова А.Ю. Анализ риска – стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых продуктов // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 4. С. 4–12. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Сычик С.И., Федоренко Е.В., Шевчук Л.М. Анализ правовой и методической базы риск-ориентированного надзора за продукцией, обращаемой на потребительском рынке: задачи и перспективы развития в Евразийском экономическом союзе // *Анализ риска здоровью*. 2017. № 4. С. 4–22. doi: 10.21668/health.risk/2017.4.01
4. Зайцева Н.В. Анализ рисков для здоровья населения Российской Федерации, обусловленных загрязнением пищевых продуктов // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 4. С. 13–23. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.02
5. Осауленко Л.Н. Обеспечение безопасности пищевой продукции и защиты прав потребителей в праве Евразийского экономического Союза // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 4. С. 24–30. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.03
6. Фокин В.А., Зеленкин С.Е. Выбор приоритетных по критериям риска для здоровья населения химических веществ для разработки гигиенических нормативов контаминантов в пищевых продуктах // *Здоровье населения и среда обитания*. 2017. № 10 (295). С. 39–42. doi: 10.35627/2219-5238/2017-295-10-39-42
7. Шур П.З., Зайцева Н.В. Оценка риска здоровью при обосновании гигиенических критериев безопасности пищевых продуктов // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 4. С. 43–56. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.05
8. Ефимочкина Н.Р., Багрянцева О.В., Дюпуи Э.К. и др. Новые международные инициативы в создании систем эффективного прогнозирования рисков и обеспечения безопасности пищевых продуктов // *Вопросы питания*. 2016. Т. 85. № 2. С. 92–103. doi: 10.24411/0042-8833-2016-00027
9. Hassundt A, Måge I, Schmidt WF, et al. Fraud in animal origin food products: Advances in emerging spectroscopic detection methods over the past five years. *Foods*. 2020;9(8):1069. doi: 10.3390/foods9081069
10. Schlundt J, Tay MYF, Chengcheng H, Liwei C. Food security: Microbiological and chemical risks. In: Masys A, Izurieta R, Reina Ortiz M, eds. *Global Health Security. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications*. Springer, Cham; 2020:231–274. doi: 10.1007/978-3-030-23491-1_11
11. Ferri M, Ranucci E, Romagnoli P, Giaccone V. Antimicrobial resistance: A global emerging threat to public health systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(13):2857–2876. doi: 10.1080/10408398.2015.1077192
12. Manyi-Loh C, Mamphweli S, Meyer E, Okoh A. Antibiotic use in agriculture and its consequential resistance in environmental sources: Potential public health implications. *Molecules*. 2018;23(4):795. doi: 10.3390/molecules23040795
13. Hosain MZ, Kabir SML, Kamal MM. Antimicrobial uses for livestock production in developing countries. *Vet World*. 2021;14(1):210–221. doi: 10.14202/vetworld.2021.210–221
14. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ); Koutsoumanis K, Allende A, Álvarez-Ordóñez A, et al. Role played by the environment in the emergence and spread of antimicrobial resistance (AMR) through the food chain. *EFSA J*. 2021;19(6):e06651. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6651
15. Ricciardi W, Giubbini G, Laurenti P. Surveillance and control of antibiotic resistance in the Mediterranean Region. *Mediterr J Hematol Infect Dis*. 2016;8(1):e2016036. doi: 10.4084/MJHID.2016.036
16. Tacconelli E, Sifakis F, Harbarth S, et al. Surveillance for control of antimicrobial resistance. *Lancet Infect Dis*. 2018;18(3):e99–e106. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30485-1
17. Намазова-Баранова Л.С., Баранов А.А. Антибиотикорезистентность в современном мире // *Педиатрическая фармакология*. 2017. Т. 14. № 5. С. 341–354. doi: 10.15690/pf.v14i5.1782
18. Заугольникова М.А., Вистовская В.П. Изучение контаминации животноводческой продукции остаточными количествами антибиотиков // *Acta Biologica Sibirica*. 2016. Т. 2. № 3. С. 9–20.
19. Кузьменков А.Ю., Виноградова А.Г. Мониторинг антибиотикорезистентности: обзор информационных ресурсов // *Бюллетень сибирской медицины*. 2020. Т. 19. № 2. С. 163–170. doi: 10.20538/1682-0363-2020-2-163-170
20. Лыков И.Н. Фармацевтическое загрязнение окружающей среды // *Проблемы региональной экологии*. 2020. № 3. С. 23–27. doi: 10.24411/1728-323X-2020-13023
21. Мурленков Н.В. Проблемы и факторы развития антибиотикорезистентности в сельском хозяйстве // *Биология в сельском хозяйстве*. 2019. № 4 (25). С. 11–14.
22. Тимофеева С.С., Гудилова О.С. Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы // *XXI век. Техносферная безопасность*. 2021. Т. 6. № 3 (23). С. 251–265. doi: 10.21285/2500-1582-2021-3-251-265
23. Шевелёва С.А. Антибиотикостойчивые микроорганизмы в пище как гигиеническая проблема (Обзорная статья) // *Гигиена и санитария*. 2018. Т. 97. № 4. С. 342–354. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-4-342-354
24. Шевелёва С.А., Хотимченко С.А., Минаева Л.П., Смотрина Ю.В. Минорные количества антибиотиков в пищевых продуктах: в чем риски для потребителей //

- Вопросы питания. 2021. Т 90. № 3 (535). С. 50–57. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-3-50-57
25. Шульгина Л.В., Якуш Е.В., Шульгин Ю.П., Шендерюк В.В., Чукалова Н.Н., Бахолдина Л.П. Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2015. Т. 181. № 2. С. 181–230. doi: 10.26428/1606-9919-2015-181-216-230
 26. Du P, Liu X, Liu Y, *et al.* Dynamics of antimicrobial resistance and genomic epidemiology of multidrug-resistant *Salmonella enterica* Serovar Indiana ST17 from 2006 to 2017 in China. *mSystems*. 2022;7(4):e0025322. doi: 10.1128/mSystems.00253-22
 27. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Романов С.В., Чистякова И.В. Опыт оптимизации лабораторного обеспечения надзора на примере ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 1 (298). С. 49–52. doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-49-52
 28. Никитин С.В., Шмакова Н.П. Вопросы реформирования лабораторных подразделений ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» // Национальные приоритеты России. 2017. № 4 (26). С. 41–46.
 29. Прошчалыгина Л.Б., Шмакова Н.П. Этапы развития санитарно-гигиенических лабораторий ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» // Национальные приоритеты России. 2017. № 4 (26). С. 50–53.
- ### References
1. Popova AYU, Zaitseva NV, May IV, Shur PZ. On the issue of setting priorities in the organization of risk-based supervision over the safety of consumer products traded on the common economic space of Russia, Belarus and Kazakhstan. *Health Risk Analysis*. 2015;(3):4–12. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2015.3.01
 2. Popova AYU. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):4–12. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
 3. Zaitseva NV, May IV, Sychik SI, Fedorenko EV, Shevchuk LM. Analysis of legal and methodological grounds for risk-oriented surveillance over consumer products: Tasks and development prospects in the Eurasian Economic Union. *Health Risk Analysis*. 2017;(4):4–22. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2017.4.01
 4. Zaitseva NV. Analysis of population health risks in the Russian Federation caused by food products contamination. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):13–23. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2018.4.02
 5. Osaulenko LN. Provision of food safety and consumer rights protection in the Eurasian Economic Union law. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):24–30. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.03
 6. Fokin VA, Zelenkin SE. The list of priority chemicals for development of food contaminants' hygienic standards according to health risk criteria. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(10(295)):39–42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-295-10-39-42
 7. Shur PZ, Zaitseva NV. Health risk assessment when giving grounds for hygienic criteria of food products safety. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):43–56. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2018.4.05
 8. Efimochkina NR, Bagryantseva OV, Dupouy EC, *et al.* New international initiatives to create systems of effective risk prediction and food safety. *Voprosy Pitaniya*. 2016;85(2):92–103. (In Russ.)
 9. Hassoun A, Måge I, Schmidt WF, *et al.* Fraud in animal origin food products: Advances in emerging spectroscopic detection methods over the past five years. *Foods*. 2020;9(8):1069. doi: 10.3390/foods9081069
 10. Schlundt J, Tay MYF, Chengcheng H, Liwei C. Food security: Microbiological and chemical risks. In: Masys A, Izurieta R, Reina Ortiz M, eds. *Global Health Security. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications*. Springer, Cham; 2020:231–274. doi: 10.1007/978-3-030-23491-1_11
 11. Ferri M, Ranucci E, Romagnoli P, Giaccone V. Antimicrobial resistance: A global emerging threat to public health systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(13):2857–2876. doi: 10.1080/10408398.2015.1077192
 12. Manyi-Loh C, Mamphweli S, Meyer E, Okoh A. Antibiotic use in agriculture and its consequential resistance in environmental sources: Potential public health implications. *Molecules*. 2018;23(4):795. doi: 10.3390/molecules23040795
 13. Hosain MZ, Kabir SML, Kamal MM. Antimicrobial uses for livestock production in developing countries. *Vet World*. 2021;14(1):210–221. doi: 10.14202/vetworld.2021.210-221
 14. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ); Koutsoumanis K, Allende A, Álvarez-Ordóñez A, *et al.* Role played by the environment in the emergence and spread of antimicrobial resistance (AMR) through the food chain. *EFSA J*. 2021;19(6):e06651. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6651
 15. Ricciardi W, Giubbini G, Laurenti P. Surveillance and control of antibiotic resistance in the Mediterranean Region. *Mediterr J Hematol Infect Dis*. 2016;8(1):e2016036. doi: 10.4084/MJHID.2016.036
 16. Tacconelli E, Sifakis F, Harbarth S, *et al.* Surveillance for control of antimicrobial resistance. *Lancet Infect Dis*. 2018;18(3):e99–e106. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30485-1
 17. Namazova-Baranova LS, Baranov AA. Antibiotic resistance in modern world. *Pediatricheskaya Farmakologiya*. 2017;14(5):341–354. (In Russ.) doi: 10.15690/pf.v14i5.1782
 18. Zaugolnikova MA, Vistovskaya VP. Contamination of animal products by residual quantity of antibiotics. *Acta Biologica Sibirica*. 2016;2(3):9–20. (In Russ.)
 19. Kuzmenkov AYU, Vinogradova AG. Antimicrobial resistance monitoring: A review of information resources. *Byulleten' Sibirskoy Meditsiny*. 2020;19(2):163–170. (In Russ.) doi: 10.20538/1682-0363-2020-2-163-170
 20. Lykov IN. Pharmaceutical environmental pollution. *Problemy Regional'noy Ekologii*. 2020;(3):23–27. (In Russ.) doi: 10.24411/1728-323X-2020-13023
 21. Murlenkov NV. Problems and factors of development of antibiotic resistance in agriculture. *Biologiya v Sel'skom Khozyaystve*. 2019;(4(25)):11–14. (In Russ.)
 22. Timofeeva SS, Gudilova OS. Antibiotics in the environment: status and problems. *XXI Vek. Tekhnosfer'naya Bezopasnost'*. 2021;6(3(23)):251–265. (In Russ.) doi: 10.21285/2500-1582-2021-3-251-265
 23. Sheveleva SA. Antimicrobial-resistant microorganisms in food as a hygienic problem. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(4):342–354. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-4-342-354
 24. Sheveleva SA, Khotimchenko SA, Minaeva LP, Smotrina YuV. Minor antibiotics residues in food: What are the risks for consumers. *Voprosy Pitaniya*. 2021;90(3(535)):50–57. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-3-50-57
 25. Shulgina LV, Yakush EV, Shulgin YuP, Shenderyuk VV, Chukalova NN, Baholdina LP. Antibiotics in aquaculture and their ecological significance. A review. *Izvestiya TINRO*. 2015;181(2):181–230. (In Russ.) doi: 10.26428/1606-9919-2015-181-216-230
 26. Du P, Liu X, Liu Y, *et al.* Dynamics of antimicrobial resistance and genomic epidemiology of multidrug-resistant *Salmonella enterica* Serovar Indiana ST17 from 2006 to 2017 in China. *mSystems*. 2022;7(4):e0025322. doi: 10.1128/mSystems.00253-22
 27. Kuzmin SV, Gurchik VB, Dikonskaya OV, Romanov SV, Chistyakova IV. The experience in optimization of laboratory oversight on the example of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(1(298)):49–52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-49-52
 28. Nikitin SV, Shmakova NP. Issues of reforming of laboratory units of Federal Budgetary Institution of Health "Center of Hygiene and Epidemiology in Omsk Region". *Natsional'nye Prioritety Rossii*. 2017;(4(26)):41–46. (In Russ.)
 29. Proshchalygina LB, Shmakova NP. Stages of development of sanitary and hygienic laboratories Federal Budgetary Institution of Health "Center of Hygiene and Epidemiology in Omsk Region". *Natsional'nye Prioritety Rossii*. 2017;(4(26)):50–53. (In Russ.)



© Гузик Е.О., 2022

УДК 613.2-053.5(476)



Организация школьного питания в Республике Беларусь

Е.О. Гузик

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
ул. П. Бровки, д. 3, к. 3, г. Минск, 220013, Республика Беларусь

Резюме

Введение. Актуальность обеспечения полноценного питания детей школьного возраста, значительный охват обучающихся питанием в учреждениях образования, увеличение удельного веса детей, нуждающихся в коррекции питания, определяют цель исследования: оценить организацию питания в учреждениях общего среднего образования для обоснования дальнейших мероприятий по его совершенствованию.

Материалы и методы: проанализировано 26 нормативных документов за период с 2000 г. и по настоящее время, определяющих требования к организации питания в учреждениях образования. Изучение режима питания и частоты потребления отдельных пищевых продуктов проведено на основании анкетирования 1975 родителей и учащихся 5–11-х классов. Изучена энергетическая ценность, содержание витаминов и минеральных веществ в школьных завтраках и домашнем питании 1168 учащихся 5-х классов г. Минска.

Результаты. Установлено, что в республике разработаны документы, определяющие требования к организации питания учащихся, организовано диетическое питание в учреждениях образования, постоянно совершенствуется материально-техническая база пищеблоков, проводится обучение детей навыкам здорового питания. Вместе с тем анализ фактического питания в учреждении образования и в домашних условиях свидетельствует о нарушении структуры потребления продуктов питания, что обуславливает дисбаланс поступления с пищей макро- и микронутриентов.

Заключение. В республике создана эффективная модель организации школьного питания. При этом действующая система не позволяет в полной мере обеспечить организацию рационального и сбалансированного питания детей. Необходимо продолжить работу по подготовке кадров, занимающихся организацией питания учащихся, созданию системы мониторинга фактического питания в учреждениях образования с применением современных информационных технологий, обучение учащихся вопросам рационального и сбалансированного питания.

Ключевые слова: учащиеся, питание в школе, диетическое питание, энергетическая ценность, макронутриенты.

Для цитирования: Гузик Е.О. Организация школьного питания в Республике Беларусь // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 92–100. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-92-100>

Сведения об авторе:

✉ Гузик Елена Олеговна – д.м.н., доцент, заведующая кафедрой гигиены и медицинской экологии; e-mail: guzikeo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2173-396X>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Соблюдение этических стандартов: для проведения исследования получены разрешения комитета по образованию Мингорисполкома (№ 6-06/УН-1140 от 22.09.2010, № 6-06/УН-1140 от 22.09.2013, 6-8-03/71-802 от 24.07.2019) и комитета по биоэтике государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования» (протоколы № 3 от 07.10.2010, № 3 от 07.10.2013, № 4 от 31.10.2019), информированные согласия родителей.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 31.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

School Feeding in the Republic of Belarus

Elena O. Guzik

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Bldg 3, 3 P. Brovki Street, Minsk, 220013, Republic of Belarus

Summary

Introduction: The relevance of providing healthy nutrition for school-age children, a significant coverage of students with school meals, and an increase in the proportion of children requiring correction of the diet have determined the objective of the study to evaluate school feeding and to substantiate further measures for its improvement.

Materials and methods: Twenty-six regulations on school meals adopted from the year 2000 to the present have been analyzed. The study of the eating schedule and the frequency of consumption of certain foodstuffs was carried out based on a survey of 1,975 parents and schoolchildren in grades 5 to 11. The energy value, the content of vitamins and minerals in school breakfasts and home meals of 1,168 fifth graders from the city of Minsk were estimated.

Results: The findings show that regulations on school meals have been developed in the republic; dietary nutrition is organized at schools, the material and technical base of school kitchens is constantly being improved, and children are being taught healthy eating skills. At the same time, the analysis of actual nutrition at school and at home indicates malnutrition causing an imbalance in the dietary intake of macro- and micronutrients.

Discussion: An effective model of school feeding has been created in the Republic of Belarus. Yet, the current system cannot fully ensure a balanced diet for children. It is therefore important to continue personnel training, monitoring of school meals using modern information technologies, and awareness raising on healthy eating among schoolchildren.

Keywords: schoolchildren, school meals, diet, energy value, macronutrients.

For citation: Guzik EO. School feeding in the Republic of Belarus. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):92–100. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-92-100>

Author information:

✉ Elena O. Guzik, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Hygiene and Medical Ecology; e-mail: guzikeo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2173-396X>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: The study design was approved by the Education Committee of the Minsk City Executive Committee (No. 06-6/UN1140- of September 22, 2010, No. 06-6/UN1140- of September 22, 2013, No. 802-71/03-8-6 of July 24, 2019) and the Bioethics Committee of the Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education (Minutes No. 3 of October 7, 2010; No. 3 of October 7, 2013; No 4 of October 31, 2019). Written informed consent was obtained from the parents.

Funding: The author received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Received: August 31, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Полноценное питание составляет основу жизнедеятельности человека и является одним из важнейших факторов, способствующих снижению риска развития алиментарно-зависимых заболеваний, обеспечивающих активное долголетие, участвующих в формировании и реализации адаптационного потенциала организма [1–4]. В период роста и развития питание имеет особое значение, поскольку формируются основные физиологические, метаболические, иммунологические механизмы, определяющие здоровье [5–8].

Организация школьного питания наиболее важна, поскольку в учреждении общего среднего образования (УОСО) дети и подростки ежедневно на протяжении 11 лет находятся от 5 до 8 часов [9, 10]. Для обеспечения высокой работоспособности, способности к обучению, устойчивости к действию инфекций, токсинов и других неблагоприятных факторов среды обитания актуальной является организация в учреждении образования рационального и сбалансированного питания, которое включает обеспечение детей достаточным и сбалансированным количеством заменимых и незаменимых пищевых веществ, а также биологически активных соединений, соблюдение режима питания, обеспечение его безопасности, учет индивидуальных особенностей питания.

В 2021/2022 учебном году в Республике Беларусь в 2976 УОСО обучалось 1076 тысяч учащихся, что составляет 11,6 % от общей численности населения. В современных условиях для детей школьного возраста необходимо не только обеспечение достаточной энергетической ценности рациона питания, но и обучение навыкам здорового питания, осознанному выбору пищевых продуктов, формирование правильных пищевых предпочтений, что в будущем определит здоровье взрослого населения [11]. Вопрос обеспечения детей школьного возраста рациональным и сбалансированным питанием обсуждается во многих странах [12–19]. Значительный контингент обучающихся, возраст детей, интенсивные образовательные нагрузки в процессе обучения на фоне низкой двигательной активности определили необходимость постоянного поиска эффективной системы организации питания детей школьного возраста.

В Республике Беларусь вопросы организации рационального питания учащихся на протяжении более 30 лет являются приоритетом государственной политики, находятся на постоянном контроле специалистов органов и учреждений государственного санитарного надзора, комитетов по образованию районных и городских исполнительных комитетов, что способствует совершенствованию материально-технической базы пищеблоков УОСО, обеспечению необходимого финансирования школьного питания, созданию системы снабжения школьных столовых разнообразными пищевыми продуктами¹ [20]. Вместе с тем среди детей школьного возраста республики имеет место рост распространенности сахарного диабета, ожирения, и других заболеваний, связанных с алиментарным фактором [20–22], что определяет необходимость поиска эффективных

моделей совершенствования системы питания в УОСО.

Актуальность обеспечения полноценного питания детей школьного возраста, значительный охват обучающихся питанием в учреждениях образования, увеличение удельного веса детей, нуждающихся в коррекции питания, определили **цель** исследования: оценить организацию питания в учреждениях общего среднего образования для обоснования дальнейших мероприятий по его совершенствованию.

Материалы и методы. В соответствии с поставленной целью проведен анализ действующих в Республике Беларусь с 2000 г. и по настоящее время 26 технических нормативных правовых актов (ТНПА), устанавливающих требования к организации питания в учреждениях образования.

Оценка фактического питания детей школьного возраста проведена на основании изучения школьного питания в УОСО и питания в домашних условиях. Для проведения исследования получены разрешения Комитета по образованию Мингорисполкома (№ 6-06/УН-1140 от 22.09.2010, № 6-06/УН-1140 от 22.09.2013, 6-8-03/71-802 от 24.07.2019) и комитета по биоэтике государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования» (протоколы № 3 от 07.10.2010, № 3 от 07.10.2013, № 4 от 31.10.2019), информированные согласия родителей.

При изучении школьного питания проведен анализ меню-раскладок за 10 дней подряд осеннего периода (сентябрь, октябрь) и 10 дней подряд весеннего периода (март, апрель). Всего проанализировано 54 дня питания в УОСО. Для оценки учитывалось, что в соответствии со специфическими санитарно-эпидемиологическими требованиями к содержанию и эксплуатации учреждений образования² завтрак учащегося должен составлять около четверти от суточной возрастной нормы поступления макро-, микро-нутриентов и энергии.

Изучение режима питания и частоты потребления отдельных пищевых продуктов проведено по результатам анкетирования 1975 родителей и учащихся 5–11-х классов. Для изучения домашнего питания в качестве индикаторной группы выбраны учащиеся 5-х классов, которые согласно современным представлениям в УОСО являются группой риска. Возраст 10–12 лет – это период препубертата, когда начинается половое созревание. При переходе на предметное обучение наблюдается значительная интенсификация учебного процесса, изменение режима занятий и адаптация к новым преподавателям по отдельным учебным предметам. Питание в домашних условиях 1168 учащихся в возрасте 10–12 лет в 18 УОСО г. Минска (по 1 школе и 1 гимназии в каждом административном районе) изучено с использованием «Вопросника анализа частоты потребления пищи»³.

Полученные значения среднесуточных рационов оценивали путем сопоставления с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых

¹ О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2020 году: гос. докл. / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья; под ред. А.А. Тарасенко. Минск, 2021. 148 с.

² Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 07.08.2019 № 525 «Специфические санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации учреждений образования».

³ Инструкция по применению № 017-1211 «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов». Утверждена Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 15.12.2011.

веществах для различных групп населения Республики Беларусь⁴.

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке. Накопление и систематизация исходной информации осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводился с применением ППП Statistica 6,0 for Windows. Вид распределения рядов количественных признаков определяли по критериям Шапиро — Уилка, Колмогорова — Смирнова. В случае нормального распределения рассчитывалась средняя арифметическая и ее ошибка $M \pm m$. Когда распределение в сравниваемых группах величин полученных данных отличалось от нормального, использовались методы непараметрического анализа и результаты представлялись в виде медианы с интерквартильным интервалом Me [P25—P75]. Достоверность различий между группами рассчитывали методами непараметрической статистики (*U*-тест Манна — Уитни, Pearson Chi-square test). За критический уровень значимости было принято значение $p < 0,05$ [23].

Результаты. Организация эффективной модели школьного питания является многокомпонентной и включает разработку нормативно-правовой базы, определяющей требования к организации питания учащихся, совершенствование материально-технической базы пищеблоков в учреждениях образования, организацию доставки, хранения и переработки пищевых продуктов, подготовку кадров для организации питания школьников, организацию рационального питания в учреждении образования, обучение учащихся навыкам здорового питания, а также мониторинг фактического питания.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что для организации рационального питания учащихся в республике разработаны ТНПА, утвержденные Советом Министров и Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Это требования к организации питания, нормам потребления пищевых продуктов, поступлению макро- и микронутриентов с пищей.

В действующих ТНПА определено, что в УОСО интервалы между основными приемами пищи (завтрак, обед, ужин) у учащихся должны

составлять не менее 3,5 часа и не более 4 часов. В УОСО при пребывании детей от 3,5 до 6 часов количество приемов пищи должно быть не менее одного (второй завтрак, либо обед, либо полдник, либо ужин), от 6 до 8 часов — не менее двух, от 8 до 10,5 часа — не менее трех, от 10,5 до 24 часов — не менее четырех. Санитарно-эпидемиологическими требованиями, утвержденными Советом Министров Республики Беларусь, также установлено, что детям, в обязательном порядке должен предоставляться второй горячий завтрак или обед. Калорийность второго горячего завтрака должна составлять не менее 20–25 % от суточной физиологической потребности ребенка в энергии⁵.

В Республике Беларусь на протяжении более 25 лет в УОСО в учебные дни предоставляется бесплатное одноразовое питание всем обучающимся 1–4-х классов начальных, базовых, средних школ, гимназий, учебно-педагогических комплексов, а также проживающим в сельских населенных пунктах учащимся 5–11-х классов базовых, средних школ, гимназий, лицеев, учебно-педагогических комплексов. Национальным законодательством определены контингенты обучающихся, которым, в зависимости от длительности пребывания в УОСО, предоставляется бесплатное (одно-, двух- или трехразовое) питание за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов⁶. Это дети из малообеспеченных семей, из семей, имеющих трех и более детей на иждивении и воспитании, дети-инвалиды, обучающиеся в начальных, базовых, средних школах, гимназиях, лицеях, учебно-педагогических комплексах. Для остальных учащихся питание оплачивают родители или другие законные представители. Для двух-, трехразового питания в УОСО в республике разработаны нормы питания и денежные нормы расходов на питание обучающихся⁷. Результаты наших исследований свидетельствуют, что среди городских учащихся 96,1 % имеют один или два приема пищи в день в школьной столовой. Каждый четвертый учащийся завтракает и обедает в УОСО, 71,4 % — принимает пищу в учреждении образования 1 раз в день.

В УОСО для учащихся, имеющих нарушения в состоянии здоровья, организовано диетическое

⁴ Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь». Утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180; в ред. Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2015 № 111 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. — Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/144653/Требования%20к%20питанию%20населения%20нормы%20физиологических%20потребностей%20в%20энергии%20и%20пищевых%20веществах%20для%20различных%20групп%20населения%20Республики%20Беларусь?searchKey=la2h&searchPosition=12#M100009> (дата обращения: 25.07.2022).

⁵ Специфические санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации учреждений образования. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 07.08.2019 № 525; в ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 17.01.2022 № 29, от 31.08.2022 № 570 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/250658/Специфические%20санитарно-эпидемиологические%20требования%20к%20содержанию%20и%20эксплуатации%20учреждений%20образования?searchKey=rmd&searchPosition=1#M100008> (дата обращения: 25.07.2022).

⁶ Об организации питания обучающихся. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 14.10.2019 № 694; в ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 17.01.2022 № 29 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/196789/Об%20организации%20питания%20обучающихся?searchKey=ixux&searchPosition=2#M100018> (дата обращения: 25.07.2022).

⁷ О нормах питания и денежных нормах расходов на питание обучающихся, а также участников образовательных мероприятий из числа лиц, обучающихся в учреждениях образования. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 27.04.2013 № 317; в ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 11.07.2022 № 458, от 31.08.2022 № 570 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. — Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/250622/О%20нормах%20питания%20и%20денежных%20нормах%20расходов%20на%20питание%20обучающихся%20а%20также%20участников%20образовательных%20мероприятий%20из%20числа%20лиц%20обучающихся%20в%20учреждениях%20образования?searchKey=xfp0&searchPosition=1#M100003> (дата обращения: 25.07.2022).

питание. Национальным законодательством установлено, что для детей, находящихся на диетическом питании, рацион подлежит коррекции в соответствии с рекомендациями врача-педиатра участкового (врача общей практики). Обучающиеся в УОСО представляют справку о состоянии здоровья (1 здр/у-10), в которой указаны врачебные рекомендации по питанию. С учетом таких рекомендаций проводится замена блюд в школьном меню. Определено, что в случае необходимости в УОСО должны разрабатываться отдельные рационы диетического питания (для больных целиакией, фенилкетонурией, сахарным диабетом и других). Для детей, получающих диетическое питание, допускаются отклонения от установленных норм питания по отдельным пищевым продуктам с учетом необходимости их замены^{8,9}.

Создание условий для организации питания обучающихся обеспечивается путем совершенствования материально-технической базы пищеблоков. Ежегодно специалисты центров гигиены и эпидемиологии республики принимают участие в открытии УОСО к началу учебного года, осуществляют контроль выполнения предписаний, направленных на проведение ремонтных работ, обеспечение достаточным количеством холодильного и технологического оборудования столовых УОСО. Так, согласно данным, представлен-

ным в докладе «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2020 году»¹⁰, достигнуто улучшение санитарно-технического состояния объектов общественного питания учреждений образования, в том числе «к 2020/2021 учебному году в 71 объекте питания проведены капитальные ремонты, в 693 – ремонты производственных цехов, в 316 – обеденных залов, в 289 – механической вентиляции; приобретено 4055 единиц торгово-технологического и холодильного оборудования, из них 1561 единица – в школы; в 142 объектах питания произведена замена мебели в обеденном зале. К концу 2020 года: обеспечены полностью горячей водой производственные ванны в 99,6 % объектах питания; выделены заготовочные участки: мясо-рыбный – в 99,1 % объектах, овощной – в 91,3 %; пароконвекторными печами оснащены более 25 % объектов питания (в том числе более чем 28 % школ); обеспечена механизированная нарезка сырых овощей в 87,3 % объектов питания, гастрономической продукции – в 41,2 %» [20].

При изучении режима питания установлено, что в 5–11-х классах ежедневно дома в учебные дни завтракает лишь две трети учащихся (67,6 %), каждый пятый или никогда не завтракает (13,3 %), или завтракает один-два раза в неделю (6,7 %) (рис. 1).

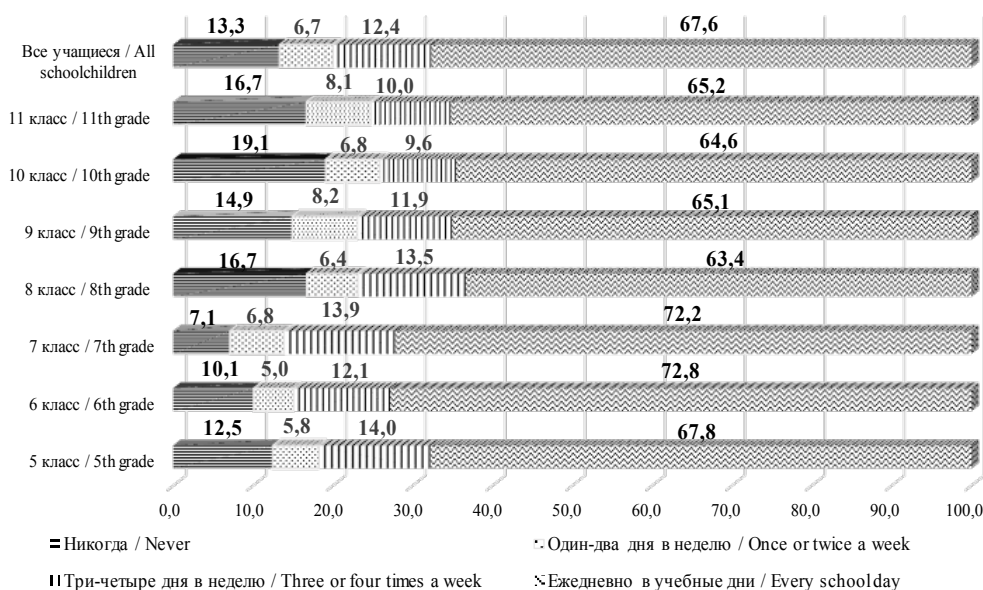


Рис. 1. Распределение учащихся 5–11-х классов по частоте завтрака в домашних условиях в учебные дни, %

Fig. 1. Distribution of students in grades 5–11 by the frequency of breakfasting at home on school days, %

⁸ Санитарные нормы и правила «Требования для учреждений общего среднего образования». Утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 27.12.2012 № 206; в ред. Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29.07.2014 № 63, от 17.05.2017 № 35, от 03.05.2018 № 39 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. – Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/163614/Санитарные%20нормы%20и%20правила%20«Требования%20для%20учреждений%20общего%20среднего%20образования»?searchKey=699g&searchPosition=1#M100015> (дата обращения: 25.07.2022).

⁹ Санитарные нормы и правила «Требования для отдельных учреждений образования, реализующих образовательную программу специального образования на уровне общего среднего образования, образовательную программу специального образования на уровне общего среднего образования для лиц с интеллектуальной недостаточностью». Утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 12.12.2012 № 197; в ред. Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29.07.2014 № 63 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. – Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/139177/Санитарные%20нормы%20и%20правила%20«Требования%20для%20отдельных%20учреждений%20образования,%20реализующих%20образовательную%20программу%20специального%20образования%20на%20уровне%20общего%20среднего%20образования,%20образовательную%20программу%20специального%20образования%20на%20уровне%20общего%20среднего%20образования%20для%20лиц%20с%20интеллектуальной%20недостаточностью»?searchKey=4w2p&searchPosition=6#M100010> (дата обращения: 25.07.2022).

¹⁰ О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2020 году: гос. докл. / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья; под ред. А.А. Тарасенко. Минск, 2021. 148 с.

В процессе обучения удельный вес учащихся, которые никогда не завтракают, увеличивается (Pearson Chi-square test, $\chi^2 = 58,5055$, $df = 36$, $p = 0,010279$). Так, если среди учащихся пятых классов не завтракает 12,5 % учащихся, то в 10–11-х классах – 16,7–19,7 % учащихся. Максимальный удельный вес учащихся, которые завтракают дома ежедневно, в 5–7-х классах составляет 67,8–72,8 %. Следует отметить, что увеличение от 5-го к 11-му классу удельного веса учащихся, которые никогда не завтракают, происходит в первую очередь за счет школьников, где в 10-м и 11-м классах таких 21,1 и 28,0 % соответственно. При этом в 5-м классе как школы, так и гимназии никогда не завтракает лишь каждый восьмой учащийся (12,1 и 12,9 % соответственно). Полученные данные свидетельствуют, что для обеспечения оптимальной работоспособности учащихся в процессе обучения обязательной является организация горячего питания в учреждении образования. Это подтверждается исследованиями и других авторов [23–25].

Изучение частоты потребления отдельных пищевых продуктов свидетельствует, что ежедневно овощи и фрукты в своем рационе имеют лишь 37,5 и 43,5 % учащихся базовой и средней школы (рис. 2). Конфеты и шоколад, газированные и другие сладкие напитки ежедневно потребляют 26,3 и 8,1 % учащихся соответственно.

Установлено, что если в 5–7-х классах фрукты и овощи ежедневно потребляют 46,5–52,1 и 38,0–41,6 % учащихся, то в старших классах таких детей становится меньше (Pearson Chi-square test, $\chi^2 = 78,3667$, $df = 36$, $p = 0,000056$ и $\chi^2 = 75,9631$, $df = 36$, $p = 0,000113$). В 9–11-х классах ежедневно фрукты и овощи потребляют

соответственно 34,1–44,5 и 29,8–38,8 % учащихся. При этом удельный вес детей, которые ежедневно потребляют конфеты и шоколад, к старшим классам увеличивается (в 5-м классе – 24,3 %, в 11-м классе – 39,5 %, Pearson Chi-square test, $\chi^2 = 61,8845$, $df = 36$, $p = 0,004658$). Максимальная доля учащихся, которые ежедневно потребляют газированные и другие сладкие напитки, в 5-м классе составляет 11,3 %, минимум – в 10-м классе – 3,6 % (Pearson Chi-square test, $\chi^2 = 52,4561$, $df = 36$, $p = 0,037570$). Полученные данные, отражающие частоту потребления отдельных пищевых продуктов, позволяют сделать заключение, что дети плохо знают основные рекомендации, касающиеся правильного питания.

Результаты изучения химического состава и энергетической ценности школьных завтраков свидетельствуют, что независимо от сезона года их энергетическая ценность, а также содержание углеводов ниже рекомендуемого уровня при избытке потребления жира (табл. 1).

Установлен дефицит жиров растительного происхождения (доля растительных жиров составила 17,4–23,7 % при рекомендуемом поступлении 25–30 % от общей суммы жиров). Питание не сбалансировано (соотношение белков, жиров и углеводов составляет 1 : 1,1 : 2,6 в осенний период и 1 : 1,1 : 2,5 в весенний при рекомендуемом 1 : 1 : 4). Недостаток углеводов в рационе обусловлен в первую очередь значительным дефицитом сложных углеводов ($20,7 \pm 1,2$ % от энергетической ценности при рекомендуемом ВОЗ содержании не менее 55 %). При этом отмечается избыток простых сахаров ($22,7 \pm 1,4$ % от энергетической ценности при рекомендуемом ВОЗ содержании не более 10 %).

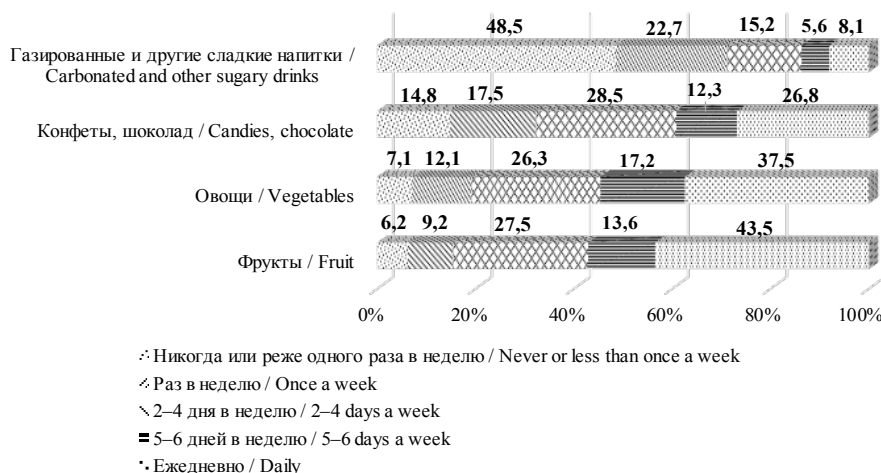


Рис. 2. Распределение учащихся 5–11-х классов по частоте потребления отдельных пищевых продуктов, %
Fig. 2. Distribution of students in grades 5–11 by the frequency of consumption of certain foods, %

Таблица 1. Химический состав и энергетическая ценность школьных завтраков ($M \pm m$)
Table 1. The chemical composition and energy value of school breakfasts ($M \pm m$)

Ингредиенты / Ingredients	Школьный завтрак / School breakfast		Рекомендуемый уровень для завтрака / Recommended range for breakfast
	Осень / Autumn	Весна / Spring	
Энергетическая ценность, ккал / Energy value, kcal	461,8 ± 95,6	462,5 ± 138,4	525–575
Белки, г / Proteins, g	20,1 ± 5,5	22,5 ± 8,1	18,5–21,75
Жиры, г / Fats, g	22,2 ± 5,9	24,9 ± 12,1	17,5–20,5
Углеводы, г / Carbohydrates, g	52,1 ± 14,3	57,4 ± 19,9	71–80,5

В школьном завтраке как в осенний, так и в весенний период установлено недостаточное содержание витамина В₁ (69,9–88,9 % от рекомендуемого). Потребление витаминов В₂ и РР, А в весенний период составляет 0,32; 3,83 и 0,22 мг соответственно и соответствует необходимому уровню, в то время как при анализе осеннего меню был выявлен дефицит этих витаминов. Со школьным завтраком поступает избыток фосфора при достаточно низком потреблении кальция ($153,4 \pm 86,9$... $171,35 \pm 100,80$ мг). Поступление магния за счет школьного завтрака – $61,9 \pm 20,9$ мг. Несбалансированное поступление минеральных веществ неблагоприятно сказывается на их усвоении.

Следует отметить, что в настоящее время в Республики Беларусь для своевременной коррекции нарушений в структуре потребления продуктов питания проводится работа в УОСО по внедрению компьютерных программ. Такие программные продукты позволяют составлять школьное меню в соответствии с гигиеническими регламентами, отслеживать количество продуктов на пищеблоке и сроки их годности, проводить оценку выполнения норм питания, а также норм физиологической потребности в энергии, макро- и микронутриентах. Все это позволяет в достаточно короткие сроки осуществлять коррекцию выявленных нарушений, проводить при необходимости обучение работников пищеблоков и медицинских работников, осуществляющих контроль за питанием, обосновывать необходимость совершенствования школьного меню.

Поскольку для учащихся питание в УОСО носит поддерживающий характер, изучены особенности питания в домашних условиях. При изучении частоты потребления пищевых продуктов установлено, что практически все дети в возрасте 10–12 лет регулярно и часто имеют в своем рационе в домашних условиях мясные и рыбные продукты,

крупы и макаронные изделия – 61,0 %, овощи, фрукты и ягоды, молоко и молочные продукты – около половины (52,1 и 52,5 % соответственно).

Энергетическая ценность суточного рациона фактического питания в домашних условиях на 2,6 % у девочек и на 5,8 % у мальчиков в возрасте до 11 лет выше верхней границы нормы физиологической потребности. У детей старше 11 лет медиана энергетической ценности суточного рациона находится в пределах возрастного-половых физиологических норм (табл. 2).

Медианы поступления с пищей белка и углеводов ниже физиологической нормы у детей всех возрастного-половых групп, за исключением мальчиков 10 лет, где поступление углеводов находится на уровне нижней границы физиологической нормы. Медианы поступления жира с пищей на 13,0–24,9 % выше верхней границы физиологической нормы во всех возрастного-половых группах. Избыточное поступление жира с пищей обуславливает несбалансированное соотношение белков, жиров и углеводов.

За счет общего жира поступает около 37,4–39,0 % энергии при рекомендуемом ВОЗ не более 30 %, поступление энергии за счет НЖК составляет 11,9–12,1 % при рекомендуемом не более 10 %. Потребление простых сахаров в 2,5 раза превышает уровень, рекомендуемый ВОЗ, при дефиците поступления сложных углеводов (в 2,8 раза ниже нормы) у 99,9 % обследованных детей.

Установлены значительные индивидуальные различия в поступлении с пищей основных пищевых веществ и энергии. Среди обследованных учащихся ниже рекомендуемой физиологической нормы потребление белка у 52,1 %, углеводов у 51,0 %. Обращает на себя внимание избыточное поступление жира с пищей у 63,4 % обследованных учащихся. Только у каждого двенадцатого ребенка поступление энергии находится в пределах физиологической нормы.

Таблица 2. Химический состав и калорийность фактического питания в домашних условиях учащихся 5-х классов г. Минска, Ме [25; 75]

Table 2. The chemical composition and calorie content of foods consumed at home by fifth graders in Minsk, Me [25; 75]

Наименование показателей / Variables	Мальчики до 11 лет / Boys under 11	Девочки до 11 лет / Girls under 11	Нормы для детей до 11 лет / Norms for children under 11*	Мальчики старше 11 лет / Boys aged 11+	Нормы для мальчиков старше 11 лет / Norms for boys aged 11+*	Девочки старше 11 лет / Girls aged 11+	Нормы для девочек старше 11 лет / Norms for girls aged 11+*
Энергетическая ценность, ккал / Energy value, kcal/day	2432,5 [1762,9; 3443,0]	2360,3 [1799,7; 3324,4]	2100–2300	2606,4 [1900,7; 3525,8]	2400–2700	2489,7 [1769,3; 3270,7]	2300–2500
Белки, г/сут / Proteins, g/day	73,5 [55,7; 105,3]	72,1 [52,3; 101,7]	74–87	78,4 [57,5; 109,3]	84–102	74,6 [52,6; 100,5]	81–94
Жиры, г/сут / Fats, g/day	102,4 [68,7; 143,8]	100,8 [70,5; 138,7]	70–82	111,4 [79,7; 146,6]	80–96	100,6 [71,0; 140,5]	77–89
Углеводы, г/сут / Carbohydrates, g/day	288,7 [211,5; 435,6]	281,4 [217,1; 409,9]	284–322	312,2 [220,5; 438,3]	324–378	298,0 [207,7; 421,6]	311–350
Соотношение Б : Ж : У / Protein, fat and carbohydrate ratio	1 : 1,4 : 3,9	1 : 1,4 : 3,9	1 : 1 : 4	1 : 1,4 : 4,0	1 : 1 : 4	1 : 1,3 : 4,0	1 : 1 : 4

Примечание: * – Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь». Утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180: в ред. постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2015 № 111 // КонсультантПлюс: Республика Беларусь. – Минск: ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации, 2022.

Notes: * Sanitary Norms and Rules “Requirements for Nutrition of the Population: Norms of Physiological Requirements for Energy and Nutrients for Various Population Groups in the Republic of Belarus” approved by Decree No. 180 of the Ministry of Health of the Republic of Belarus on November 20, 2012, as amended by Decree No. 111 of the Ministry of Health of the Republic of Belarus on November 16, 2015. Consultant Plus: Republic of Belarus. Minsk: YurSpektr LLC, National Center for Legal Information, 2022. (In Russ.)

Изучение микронутриентного состава фактического питания в домашних условиях свидетельствует, что медиана поступления кальция составляет 76,3–83,0 % от физиологической нормы, при этом установлено избыточное поступление фосфора и магния (медиана поступления на 3,0–16,9 и на 8,2–27,3 % выше возрастной физиологической нормы соответственно). Дефицит поступления кальция выявлен у 58,8 % обследованных при избыточном поступлении фосфора у 52,8 % и магния у 57,0 % обследованных учащихся (рис. 3).

В ходе исследования установлено высокое поступление с пищей натрия и калия практически у всех обследованных. Помимо поваренной соли как основного источника поступления натрия значительный вклад в его поступление вносят овощи (29,3 %), мясо и мясные продукты (28,8 %), хлебобулочные изделия (14,3 %). Основной вклад в поступление калия вносят овощи (34,1 %), фрукты (31,9 %), молоко и молочные продукты (10,5 %).

При оценке поступления витаминов с пищей установлен дефицит в рационе ниацина (медиана поступления составляет 72,8–83,3 % от рекомендуемой возрастной нормы). Данная тенденция выявлена у 60,5 % обследованных (рис. 3). Следует отметить, что средние уровни поступления витаминов А, В₁, В₂, С и Е соответствуют или выше рекомендуемой возрастной нормы.

Установлены значительные индивидуальные различия в потреблении витаминов. Каждый четвертый ребенок имеет дефицит поступления с пищей витамина А, около 40 % детей – тиамина и рибофлавина, 60,5 % – ниацина. Недостаточное потребление витамина Е выявлено у каждого десятого обследованного ребенка, витамина С – у каждого тринадцатого.

Обсуждение. Разработанные ТНПА, определяющие требования к организации питания, разработанная модель организации питания учащихся, нуждающихся в его коррекции, постоянное совершенствование материально-технической базы пищеблоков в учреждениях образования, безусловно, во многом определяют эффективность организации школьного питания. Вместе с тем выявленные нарушения в структуре потребления

продуктов питания, обуславливающие дисбаланс макро- и микронутриентов в рационах детей школьного возраста, свидетельствуют о недостаточных знаниях как специалистов, отвечающих за организацию питания в учреждениях образования, так и родителей в вопросах рационального и сбалансированного питания. Это подтверждают исследования и других авторов [26–29]. На наш взгляд, целесообразным является обучение детей школьного возраста навыкам здорового питания путем проведения классных или информационных часов, посвященных данной проблеме.

В настоящее время в Республике Беларусь разработаны факультативные занятия «По ступенькам правил здорового питания» для учащихся начальной школы, которые рекомендованы научно-методическим учреждением «Национальный институт образования» Министерства образования Республики Беларусь и включают рабочие тетради для учащихся 1–4-х классов и пособия для учителей. Занятия, посвященные обучению детей навыкам рационального и сбалансированного питания, важны для учащихся начальной школы, в то же время необходима разработка учебно-методических модулей для детей старшего возраста. Такие материалы должны включать современные рекомендации по питанию с учетом современных достижений медицинской науки и практики, психофизиологических особенностей восприятия материала детьми разных возрастных групп. Включение таких материалов в учебно-воспитательный процесс позволит постепенно охватить на системной основе все контингенты обучающихся знаниями о правильном питании, что будет способствовать их продвижению среди всего населения республики.

Заключение. В Республике Беларусь на протяжении последних 30 лет создана многокомпонентная система организации питания в учреждениях общего среднего образования. Так, разработаны ТНПА, определяющие требования к организации питания учащихся, организовано диетическое питание в учреждениях образования, проводится обучение отдельных контингентов детей навыкам здорового питания. Вместе с тем имеет место

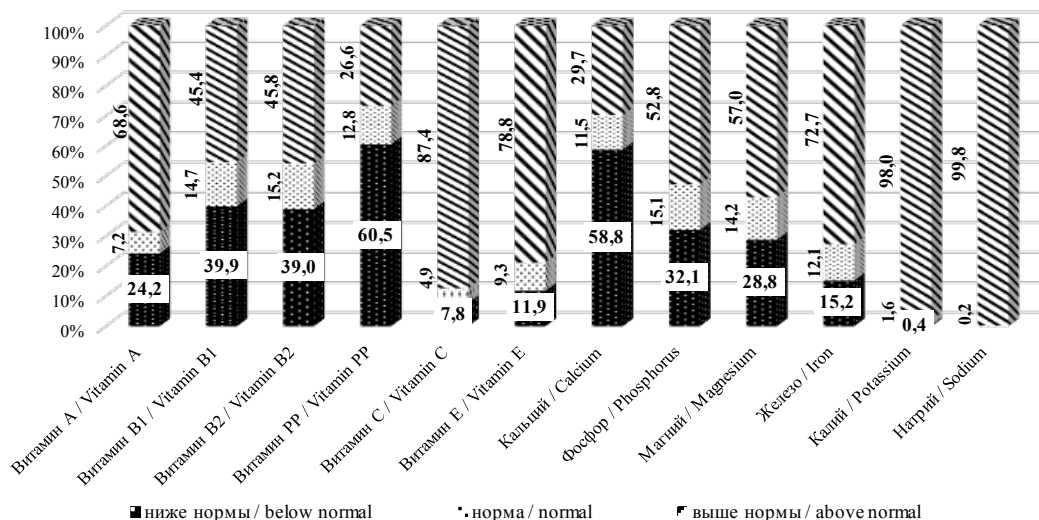


Рис. 3. Распределение учащихся 5-х классов г. Минска по уровню потребления витаминов и минеральных веществ с пищей в домашних условиях, %

Fig. 3. Distribution of the fifth graders of Minsk by the dietary intake of vitamins and minerals at home, %

нарушение структуры потребления продуктов питания, определяющее дисбаланс поступления с пищей макро- и микронутриентов, что неблагоприятно сказывается на состоянии здоровья учащихся. Несмотря на постоянное обновление материально-технической базы пищеблоков, а также своевременное финансирование питания для обеспечения организации рационального и сбалансированного питания детей, для эффективного функционирования действующей в Республике Беларусь модели школьного питания необходимо продолжить работу по подготовке кадров, занимающихся организацией питания учащихся, созданию системы мониторинга фактического питания в УОСО с применением современных информационных технологий, обучению обучающихся вопросам рационального и сбалансированного питания.

Список литературы

1. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 113–124. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00067
2. Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормх физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 4 (536). С. 6–19. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
3. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батурин А.К. и др. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 24–34. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10039
4. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. 2021. Т. 1. № 1. С. 56–64. doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64.
5. Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков: популяционное и персонализированное обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 61–67. doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-1-61-67
6. Кучма В.Р. Медико-профилактические основы достижения ожидаемых результатов мероприятий десятилетия детства на период до 2027 года // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2021. № 1. С. 11–23.
7. Кучма В.Р., Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А. и др. Морфофункциональное развитие современных школьников. Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2018. 352 с.
8. Delgado-Floody P, Caamacho-Navarrete F, Bustos-Barahona R, González-Rivera J, Jerez-Mayorga D. The social and psychological health of children is associated with Mediterranean diet adherence items, cardiorespiratory fitness, and lifestyle. *Nutr Hosp.* 2021;38(5):954-960. doi: 10.20960/nh.03629
9. Кучма В.Р., Поленова М.А., Рапопорт И.К., Степанова М.И., Храмов П.И. Здоровьесберегающая деятельность школ стран Восточной Европы и Центральной Азии // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 8 (305). С. 55–58.
10. Кучма В. Р. Риск здоровью обучающихся в современной российской школе // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018. № 4. С. 11–19.
11. Горелова Ж.Ю., Филиппова С.П., Соловьева Ю.В. и др. Роль семьи и школы в формировании пищевого поведения учащихся Москвы и Алтайского края // Профилактическая медицина. 2018. Т. 21. № 6. С. 63–67. doi: 10.17116/profmed20182106163
12. Bleiweiss-Sande R, Chui K, Wright C, Amin S, Anzman-Frasca S, Sacheck JM. Associations between food group intake, cognition, and academic achievement in elementary schoolchildren. *Nutrients.* 2019;11(11):2722. doi: 10.3390/nu11112722
13. Barbiero SM, Pellanda LC, Cesa CC, Campagnolo P, Beltrami F, Abrantes CC. Overweight, obesity and other risk factors for IHD in Brazilian schoolchildren. *Public Health Nutr.* 2009;12(5):710-715. doi: 10.1017/S1368980008003200
14. Dorado JB, Azaca GP, Viajar RV, et al. Assessing school-lunch feeding and nutrition education strategy for healthier kids in selected Philippine public schools. *Nutr Health.* 2020;26(3):231-242. doi: 10.1177/0260106020930466
15. Haney E, Parnham JC, Chang K, et al. Dietary quality of school meals and packed lunches: a national study of primary and secondary schoolchildren in the UK. *Public Health Nutr.* 2022;1-12. doi: 10.1017/S1368980022001355
16. Horikawa C, Murayama N, Ishida H, et al. Nutrient adequacy of Japanese schoolchildren on days with and without a school lunch by household income. *Food Nutr Res.* 2020;64. doi: 10.29219/fnr.v64.5377
17. Rongen FC, van Kleef E, Sanjaya S, et al. What's for lunch? The content and quality of lunches consumed by Dutch primary schoolchildren and the differences between lunches consumed at home and at school. *BMC Public Health.* 2019;19(1):1365. doi: 10.1186/s12889-019-7750-9
18. Cohee LM, Halliday KE, Gelli A, et al. The role of health in education and human capital: Why an integrated approach to school health could make a difference in the futures of schoolchildren in low-income countries. *Am J Trop Med Hyg.* 2020;104(2):424-428. doi: 10.4269/ajtmh.20-0779
19. Попова А.Ю., Шевкун И.Г., Яновская Г.В., Новикова И.И. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 2. С. 7–12. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12
20. Борисова Т.С., Науменко Ю.С. Гигиенические аспекты чрезмерного потребления соли как одного из факторов риска развития неинфекционных заболеваний населения // Военная медицина. 2019. № 2 (51). С. 68–73.
21. Гузик Е.О. Здоровье учащихся Республики Беларусь и пути минимизации факторов риска его формирующих: монография / Белорусская медицинская академия последипломного образования. Минск: БелМАПО, 2020. 334 с.
22. Медик В.А., Токмачев В.С. Руководство по статистике здоровья и здравоохранения. Москва: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. 528 с.
23. Sawa S, Hashizume K, Abe T, et al. Pathway linking physical activity, sleep duration, and breakfast consumption with the physical/psychosocial health of schoolchildren. *J Child Health Care.* 2021;25(1):5-17. doi: 10.1177/1367493519891019
24. Sobek C, Ober P, Abel S, et al. Purchasing behavior, setting, pricing, family: Determinants of school lunch participation. *Nutrients.* 2021;13(12):4209. doi: 10.3390/nu13124209
25. Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, Sidossis LS. Breakfast skipping in Greek schoolchildren connected to an unhealthy lifestyle profile. Results from the National Action for Children's Health program. *Nutr Diet.* 2019;76(3):328-335. doi: 10.1111/1747-0080.12522
26. Соловьева Ю.В. Горелова Ж.Ю. Летучая Т.А. Мирская Н.Б. Зарецкая А.Р. Оценка знаний школьников о здоровом питании в условиях цифровой среды // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 10. С. 41–46. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46
27. Федоренко Е.В., Коломиец Н.Д., Мохорт Т.В. и др. Информирование о риске как элемент устойчивости стратегии ликвидации йоддефицитных заболеваний в Беларуси // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 58–67. doi: 10.21668/health.risk/2019.1.06
28. Angeles-Agdeppa I, Monville-Oro E, Gonsalves JF, Capanzana MV. Integrated school based nutrition

programme improved the knowledge of mother and schoolchildren. *Matern Child Nutr.* 2019;15(Suppl 3):e12794. doi: 10.1111/mcn.12794

29. Doustmohammadian A, Keshavarz Mohammadi N, Omidvar N, et al. Food and nutrition literacy (FNLIT) and its predictors in primary schoolchildren in Iran. *Health Promot Int.* 2019;34(5):1002-1013. doi: 10.1093/heapro/day050

References

1. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy Pitaniya.* 2017;86(4):113-124. (In Russ.)
2. Popova AYU, Tutelyan VA, Nikityuk DB. On the new (2021) Norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy Pitaniya.* 2021;90(4(536)):6-19. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
3. Tutelyan VA, Nikityuk DB, Baturin AK, et al. Nutriome as the direction of the "main blow": Determination of physiological needs in macroand micronutrients, minor biologically active substances of food. *Voprosy Pitaniya.* 2020;89(4):24-34. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10039
4. Tutelyan VA. Healthy food for public health. *Obshchestvennoe Zdorov'e.* 2021;1(1):56-64. (In Russ.) doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64
5. Kuchma VR. Hygiene of children and adolescents: personalized and population-based approach to sanitary and epidemiological wellbeing of a young generation in modern conditions. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(1):61-67. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-61-67
6. Kuchma VR. Medical and preventive basis for achieving the expected results of a decade of childhood up to 2027. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya.* 2021;(1):11-23. (In Russ.)
7. Kuchma VR, Milushkina OYu, Skoblina NA, et al. [Morphofunctional Development of Modern Schoolchildren.] Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2018. (In Russ.)
8. Delgado-Floody P, Caamaco-Navarrete F, Bustos-Barahona R, González-Rivera J, Jerez-Mayorga D. The social and psychological health of children is associated with Mediterranean diet adherence items, cardiorespiratory fitness, and lifestyle. *Nutr Hosp.* 2021;38(5):954-960. doi: 10.20960/nh.03629
9. Kuchma VR, Polenova MA, Rapoport IK, Stepanova MI, Khramtsov PI. Health-saving activities in schools of Eastern Europe and Central Asia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(8(305)):55-58. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-305-8-55-58
10. Kuchma VR. Risk to the health of students in Russian school. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya.* 2018;(4):11-19. (In Russ.)
11. Gorelova ZhYu, Filippova SP, Solovyova YuV, et al. Role of the family and school in forming eating behavior in the pupils of Moscow and the Altai Territory. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2018;21(6):63-67. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20182106163
12. Bleiweiss-Sande R, Chui K, Wright C, Amin S, Anzman-Frasca S, Sackeck JM. Associations between food group intake, cognition, and academic achievement in elementary schoolchildren. *Nutrients.* 2019;11(11):2722. doi: 10.3390/nu11112722
13. Barbiero SM, Pellanda LC, Cesa CC, Campagnolo P, Beltrami F, Abrantes CC. Overweight, obesity and other risk factors for IHD in Brazilian schoolchildren. *Public Health Nutr.* 2009;12(5):710-715. doi: 10.1017/S1368980008003200
14. Dorado JB, Azaca GP, Viajar RV, et al. Assessing school-lunch feeding and nutrition education strategy for healthier kids in selected Philippine public schools. *Nutr Health.* 2020;26(3):231-242. doi: 10.1177/0260106020930466
15. Haney E, Parnham JC, Chang K, et al. Dietary quality of school meals and packed lunches: a national study of primary and secondary schoolchildren in the UK. *Public Health Nutr.* 2022;1-12. doi: 10.1017/S1368980022001355
16. Horikawa C, Murayama N, Ishida H, et al. Nutrient adequacy of Japanese schoolchildren on days with and without a school lunch by household income. *Food Nutr Res.* 2020;64. doi: 10.29219/fnr.v64.5377
17. Rongen FC, van Kleef E, Sanjaya S, et al. What's for lunch? The content and quality of lunches consumed by Dutch primary schoolchildren and the differences between lunches consumed at home and at school. *BMC Public Health.* 2019;19(1):1365. doi: 10.1186/s12889-019-7750-9
18. Cohee LM, Halliday KE, Gelli A, et al. The role of health in education and human capital: Why an integrated approach to school health could make a difference in the futures of schoolchildren in low-income countries. *Am J Trop Med Hyg.* 2020;104(2):424-428. doi: 10.4269/ajtmh.20-0779
19. Popova AYU, Shevkun IG, Yanovskaya GV, Novikova II. Hygienic assessment of organizing school nutrition in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(2):7-12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12
20. Borisova TS, Naumenko YuS. Hygienic aspects of excessive salt intake, as one of risk factors of non-communicable diseases in the population. *Voennaya Meditsina.* 2019;(2(51)):68-73. (In Russ.)
21. Guzik EO. [Health of Schoolchildren in the Republic of Belarus and Ways to Minimize Health Risk Factors.] Minsk: Belarus Medical Academy of Postgraduate Education Publ.; 2020. (In Russ.)
22. Medik VA, Tokmachev VS. [Guide to Health and Health Care Statistics.] Moscow: Meditsina Publ.; 2006. (In Russ.)
23. Sawa S, Hashizume K, Abe T, et al. Pathway linking physical activity, sleep duration, and breakfast consumption with the physical/psychosocial health of schoolchildren. *J Child Health Care.* 2021;25(1):5-17. doi: 10.1177/1367493519891019
24. Sobek C, Ober P, Abel S, et al. Purchasing behavior, setting, pricing, family: Determinants of school lunch participation. *Nutrients.* 2021;13(12):4209. doi: 10.3390/nu13124209
25. Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, Sidossis LS. Breakfast skipping in Greek schoolchildren connected to an unhealthy lifestyle profile. Results from the National Action for Children's Health program. *Nutr Diet.* 2019;76(3):328-335. doi: 10.1111/1747-0080.12522
26. Solovyeva YuV, Gorelova JYu, Letuchaya A, Mirskaya NB, Zaretskaya AR. Assessment of healthy eating awareness of schoolchildren in a digital environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2021;29(10):41-46. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46
27. Phedorenko EV, Kolomiets ND, Mokhort TV, et al. Risk communication as a component that provides stability of strategy aimed at eliminating diseases caused by iodine deficiency in Belarus. *Health Risk Analysis.* 2019;(1):58-67. doi: 10.21668/health.risk/2019.1.06.eng
28. Angeles-Agdeppa I, Monville-Oro E, Gonsalves JF, Capanzana MV. Integrated school based nutrition programme improved the knowledge of mother and schoolchildren. *Matern Child Nutr.* 2019;15(Suppl 3):e12794. doi: 10.1111/mcn.12794
29. Doustmohammadian A, Keshavarz Mohammadi N, Omidvar N, et al. Food and nutrition literacy (FNLIT) and its predictors in primary schoolchildren in Iran. *Health Promot Int.* 2019;34(5):1002-1013. doi: 10.1093/heapro/day050

