



RUSSIAN MONTHLY PEER-REVIEWED
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
**PUBLIC HEALTH AND
LIFE ENVIRONMENT**

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

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.

Established in 1993

№ 11

Том 33 · 2025

Vol. 33 · 2025

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, Scopus, PГБ, Dimensions, LENS.ORG, Google Scholar, VINITI RAN.

Москва • 2025

Здоровье населения и среда обитания –

ЗНЦО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 11 2025

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

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

Учредитель: Федеральное бюд-
жетное учреждение здравооо-
хранения «Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потреби-
телей и благополучия человека
(ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора)

Цель: распространение основных
результатов научных исследова-
ний и практических достижений
в области гигиены, эпидемиоло-
гии, общественного здоровья
и здравоохранения, медицины
труда, социологии медицины,
медико-социальной экспертизы
и медико-социальной реабили-
тации на российском и междуна-
родном 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 исклю-
чения неэтичных действий
или плагиата со стороны авторов,
нарушения общепринятых прин-
ципов 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
индивидуальный код DOI (Crossref
DOI prefix: 10.35627).

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

© ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора,
2025

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 Р.К. Фридман
К.м.н.; главный врач ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора (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 ФЦГиЗ 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 правления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский внештатный
редактор) 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. Балаховов 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.; Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации; 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 ордена 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 ФЦГиЗ Роспотребнадзора (г. Москва,
Российская Федерация)

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

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

А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профиллак-
тическому 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 (ИПЭЗ 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

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.; приглашенный ученый (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	Sand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, 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 – ЗНКО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 11 2025

Выходит 12 раз в год
Основен в 1993 г.

Все права защищены.
Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала ЗНКО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора.
При использовании материалов ссылка на журнал ЗНКО 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 ФЦГиЗ Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А
E-mail: gsen@fcgie.ru
Тел.: +7 (495) 954-45-36
Сайт организации: fcgie.ru

Редактор А.С. Семенова
Корректор Л.А. Зелескон
Переводчик О.Н. Ложкина
Верстка Е.В. Ломанова

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

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

Опубликовано 28.11.2025
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 12,5
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 7–100.

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

© ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора, 2025

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

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

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 33, Issue 11, 2025

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>

© Federal Center for Hygiene
and Epidemiology of
Rospotrebnadzor, 2025

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
- Roman K. Friedman, Deputy Editor-in-Chief
Cand. Sci. (Med.); Head Doctor of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 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 Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural
(Scientific Editor) 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 Gabrichesky Research Institute of Epidemiology and Microbiology,
Moscow, Russian Federation
- Alexander V. Alekhovich 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; Honored Worker of the Higher School of the Russian
Federation. 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 Polyomyelitis), 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 Geoecology 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. Kuttyrev 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-Neseyra 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. Burakovskiy 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, Northwest 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

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
Vasiliy 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
Helmuth 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 Obitaliya –
ZNiSO

Public Health and Life
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 33, Issue 11 2025

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 – 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
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: zniso.fcgie.ru/

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

Editor Antonina S. Semenova
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
www.elibrary.ru
Subscription to the electronic
version of the journal at
www.elibrary.ru
For advertising in the journal,
please write to zniso@fcgie.ru.

Published: November 28, 2025
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 12,5
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitaliya. 2025;33(11):7–100.

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

© Federal Center for Hygiene
and Epidemiology of
Rospotrebnadzor, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

- Зайцева Н.В., Клейн С.В., Май И.В., Седусова Э.В. К оценке результатов контрольной (надзорной) деятельности в сфере защиты прав потребителей и перспективы риск-ориентированной модели в условиях административной реформы (Российская Федерация, 2021–2024 гг.) 7
- Загдын З.М., Стерликов С.А., Кобесов Н.В., Васильева Т.П., Михайлова Ю.В. Жизненные и трудовые потери общественного здоровья, вызванные туберкулезом в России, за 2016 и 2023 годы 16

СОЦИОЛОГИЯ МЕДИЦИНЫ

- Мордовский Э.А., Куделина О.В., Игнатова О.А., Санников А.Л., Хромова А.В. Отношение женщин к контрацепции в зависимости от абортного анамнеза 29

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- Бадамшина Г.Г., Гафарова Л.Ф., Трухина Г.М., Попцова Е.А., Гончарова А.В., Зайцева Н.Н., Полянина А.В. Изучение многолетней динамики контаминации воды *Enterovirus* в Российской Федерации 40
- Журавлев П.В., Марченко Б.И., Нестерова О.А. Многолетняя динамика и сезонность санитарно-бактериологических показателей речной воды Нижнего Дона. Тенденции и прогнозы 51

ГИГИЕНА ТРУДА

- Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Ситчихина Л.А. Пространственный кластерно-приоритизационный анализ распределения комбинаций опасных для здоровья химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации 63
- Ковшов А.А., Кирьянова М.Н., Бутенко А.О. Оценка потенциальных факторов риска нарушения голоса у учителей средней школы 72
- Пономарёв А.Л., Нурисламова Т.В., Молок О.А. Опыт определения эквивалентного уровня шума от железнодорожного транспорта на основе данных о количестве единичных звуковых событий 80

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

- Летюшев А.Н., Степанова К.Б., Ребещенко А.П., Степанова Т.Ф. Изучение санитарного состояния объектов окружающей среды в Российской Федерации и степень их контаминации яйцами *Enterobius vermicularis* по результатам санитарно-паразитологического мониторинга 87
- Савельев С.И., Трухина Г.М., Ясная Е.С., Черняева Е.В., Христенко Т.А. Особенности этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля 93

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

- Zaitseva NV, Kleyn SV, May IV, Sedusova EV. Evaluating the results of market surveillance activities and prospects of the risk-based model in the context of the ongoing administrative reform (Russian Federation, 2021–2024) 7
- Zagdyn ZM, Sterlikov SA, Kobesov NV, Vasilyeva TP, Mikhailova YuV. Life and labor losses of public health due to tuberculosis in Russia in 2016 and 2023 16

MEDICAL SOCIOLOGY

- Mordovsky EA, Kudelina OV, Ignatova OA, Sannikov AL, Khromova AV. Women's attitude toward contraception depending on the history of induced abortion 29

COMMUNAL HYGIENE

- Badamshina GG, Gafarova LF, Trukhina GM, Poptsova EA, Goncharova AV, Zaitseva NN, Polyanina AV. Long-term dynamics of *Enterovirus* contamination of water environment in the Russian Federation 40
- Zhuravlev PV, Marchenko BI, Nesterova OA. Long-term dynamics and seasonality of bacteriological water quality parameters of the Lower Don: Trends and forecasts 51

OCCUPATIONAL HEALTH

- Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Kiryanov DA, Chigvintsev VM, Sitchikhina LA. Spatial cluster prioritization analysis of the distribution of combinations of hazardous air pollutants in the regions of the Russian Federation 63
- Kovshov AA, Kir'yanova MN, Butenko AO. Assessment of potential risk factors for voice disorders in secondary school teachers 72
- Ponomarev AL, Nurislamova TV, Molok OA. Experience in determining equivalent train noise levels based on the number of single sound events 80

EPIDEMIOLOGY

- Letyushev AN, Stepanova KB, Rebeshchenko AP, Stepanova TF. Study of the sanitary condition of environmental objects in the Russian Federation and the degree of their contamination with *Enterobius vermicularis* eggs based on the results of parasitological monitoring 87
- Savelyev SI, Trukhina GM, Yasnaya ES, Chernyaeva EV, Khristenko TA. Features of the etiological structure of purulent and septic complications in patients of different specialty surgical hospitals 93



К оценке результатов контрольной (надзорной) деятельности в сфере защиты прав потребителей и перспективы риск-ориентированной модели в условиях административной реформы (Российская Федерация, 2021–2024 гг.)

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, И.В. Май, Э.В. Седусова

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

Резюме

Введение. В условиях развития рыночных отношений и цифровизации экономики особое значение приобретает эффективная защита прав потребителей (ЗПП).

Цель исследования: комплексный анализ тенденций нарушений обязательных требований в сфере ЗПП в РФ за 2021–2024 гг., эффектов влияния реформы контрольно-надзорной деятельности на их структуру и динамику.

Материал и методы. Проанализированы данные ведомственной отчетности Роспотребнадзора за 2021–2024 гг. Использованы сравнительный, статистический и формально-юридический методы.

Результаты. Установлено, что в период 2021–2024 гг. в области защиты прав потребителей увеличилось число контрольных (надзорных) мероприятий (КНМ) и выявленных нарушений в 9,1 и 7,6 раза преимущественно за счет увеличения количества мероприятий без взаимодействия (в 50,5 раза). По фактам нарушений обязательных требований в области защиты прав потребителей в 2024 г. было зафиксировано 20,6 тыс. случаев причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителей, что в 1,9 раза больше 2021 г. (в 2021 г. – 10,9 тыс.). Выявлена тенденция к формированию новых зон риска нарушения требований в цифровых сегментах (дистанционная торговля и услуги). Установлено доминирование нарушений специальных норм в торговле (рост в 1,9 раза) и базовых положений Закона «О защите прав потребителей» в сфере услуг.

Заключение. Полученные результаты подчеркивают значимость планирования контрольных (надзорных) мероприятий в области защиты прав потребителей с учетом риск-ориентированного подхода и разработки индикаторов риска нарушения обязательных требований для сегментов потребительского рынка с высоким числом нарушений на одно контрольное (надзорное) мероприятие и высоким удельным экономическим ущербом на один случай причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя. Актуальной задачей является разработка научно-методической базы для последовательного внедрения риск-ориентированной модели надзора в сфере защиты прав потребителей.

Ключевые слова: защита прав потребителей, обязательные требования, нарушение требований, контрольные (надзорные) мероприятия, профилактические мероприятия, риск-ориентированный подход, вред жизни, здоровью и имуществу потребителя, удельный экономический ущерб.

Для цитирования: Зайцева Н.В., Клейн С.В., Май И.В., Седусова Э.В. К оценке результатов контрольной (надзорной) деятельности в сфере защиты прав потребителей и перспективы риск-ориентированной модели в условиях административной реформы (Российская Федерация, 2021–2024 гг.) // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-7-15

Evaluating the Results of Market Surveillance Activities and Prospects of the Risk-Based Model in the Context of the Ongoing Administrative Reform (Russian Federation, 2021–2024)

Nina V. Zaitseva, Svetlana V. Kleyn, Irina V. May, Ella V. Sedusova

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

Summary

Introduction: In the context of developing market relations and digitalization of the economy, effective consumer protection takes on special significance.

Objective: A comprehensive analysis of trends in violations of mandatory requirements for consumer protection in the Russian Federation in 2021–2024 and the impact of the ongoing market surveillance reform on their structure and dynamics.

Materials and methods: We have analyzed reporting data of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for 2021–2024 using comparative, statistical, and formal legal methods.

Results: We established that between 2021 and 2024, the number of market surveillance activities and identified violations in the field of consumer protection increased by 9.1 and 7.6 times, respectively, primarily due to a 50.5-fold increase in the number of indirect checks. In 2024, 20,600 episodes of harm to life, health and property of consumers due to violations of consumer protection legislation were registered against 10,900 in 2021 demonstrating a 1.9-fold increase. We found a trend toward formation of new zones at risk of violations in digital segments (online trade and services). We also noted the predominance of violations of special regulations in trade (+90 %) and of basic provisions of the Consumer Protection Law in the service sector.

Conclusions: Our findings highlight the importance of planning market surveillance activities using a risk-based approach and developing indicators of risks of violations of mandatory requirements for consumer market segments with a high number of violations per check and high economic damage per episode of harm to consumer's life, health and property. It is relevant to develop a scientific and methodological basis for sequential implementation of the risk-based model for market surveillance.

Keywords: consumer protection, mandatory requirements, violation, market surveillance activities, prevention, risk-based approach, harm to consumer's life, health and property, economic damage.

Cite as: Zaitseva NV, Kleyn SV, May IV, Sedusova EV. Evaluating the results of market surveillance activities and prospects of the risk-based model in the context of the ongoing administrative reform (Russian Federation, 2021–2024). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):7–15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-7-15

Введение. В современных условиях развития рыночных отношений, широкого ассортимента товаров и услуг, применения цифровых технологий в Российской Федерации особое значение приобретает эффективная защита прав потребителей¹. Важность защиты прав потребителей обусловлена более слабой и менее защищенной позицией потребителя по отношению к продавцу товаров, исполнителю услуг [1].

Значимую роль в защите прав потребителей играют органы контроля (надзора), поскольку они обеспечивают своевременное выполнение требований, защищают права потребителей, снижают правовые риски и способствуют развитию доверия на рынке [2].

С 2021 г. федеральный государственный надзор в области защиты прав потребителей регламентируется Федеральным законом от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» и Положением о федеральном государственном контроле (надзоре) в области защиты прав потребителей (утв. Постановлением Правительства РФ от 25.06.2021 № 1005). Реформа контрольной (надзорной) деятельности (КНД) имела целью снижение административной нагрузки на бизнес при сохранении высокого уровня защиты прав потребителей [3, 4]. Вступление в силу новых нормативных правовых актов привело к исключению плановых контрольных (надзорных) мероприятий из деятельности территориальных органов Роспотребнадзора в сфере защиты прав потребителей, к переориентации на проведение профилактических мероприятий, к введению индикаторов риска как оснований для проведения внеплановых надзорных мероприятий [5, 6].

С 2022 г. Постановлением Правительства РФ от 10.03.2022 № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля» были наложены ограничения на проведение контрольных (надзорных) мероприятий. В качестве оснований для проведения внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий установлены: непосредственная угроза причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан, факт причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан, а также выявление индикаторов риска нарушения обязательных требований.

Для осуществления федерального государственного надзора в области защиты прав потребителей в 2021 г. был утвержден индикатор риска нарушения обязательных требований по маркировке товаров средствами идентификации, в сентябре 2023 г. их стало 34; в сентябре 2024 г. – 47. С марта 2025 г. по настоящее время их 46.

Все перечисленные действия были определены общим вектором развития государственного управления – переходом на риск-ориентированные модели контроля как наиболее эффективные с позиций достижения конечного результата – сохранения общественно значимых ценностей [7–9]. В Российской Федерации в сфере обеспечения

санитарно-эпидемиологического благополучия методология оценки и управления рисками здоровья используется регулятором с 2015 г. и доказала свою эффективность [10–12]. А активное применение моделей контроля, построенных на базе анализа рисков в сфере защиты прав потребителей, является общемировой практикой [13–16].

Принципиальной основой риск-ориентированной модели является научно обоснованное выявление тех объектов, которые формируют наибольшие угрозы и риски причинения вреда охраняемым ценностям с учетом тяжести этого вреда и которые подлежат наиболее плотному государственному надзору.

Задача может быть решена через обобщение и анализ результатов федерального государственного контроля (надзора) в области ЗПП с целью выделения приоритетных видов нарушений обязательных требований, сегментов потребительского рынка с наибольшим числом нарушений на одно КНМ и наибольшими потерями в случае причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя. Построение системы контроля на основе анализа структуры, динамики нарушений и удельных экономических ущербов максимально соответствует концепции риск-ориентированных подходов и в перспективе позволит сфокусировать усилия на проблемных сферах потребительского рынка, сформировать максимально эффективные направления профилактических и контрольных (надзорных) мероприятий, повысить качество и результативность контроля (надзора), а также укрепить правовую защиту граждан страны.

Проводимое исследование, основанное на актуальных данных Роспотребнадзора за 2021–2024 гг., вносит вклад в изучение данного вопроса, делает акцент не только на анализ сложившейся ситуации, но и на выявление тенденций, что имеет практическую ценность для дальнейшего совершенствования КНД в сфере ЗПП, а также для разработки методологии оценки рисков причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя.

Цель исследования: провести комплексный анализ тенденций и структуры выявляемых нарушений обязательных требований в сфере защиты прав потребителей в Российской Федерации за периоды 2021–2024 гг. как информационной базы перспективной риск-ориентированной модели контроля.

Материалы и методы. Методологической основой исследования послужил анализ статистических данных, содержащихся в ведомственной отчетности Роспотребнадзора за рассматриваемый период, а также методы сравнительного, статистического и формально-юридического анализа. Выполнен анализ формы 1 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного контроля (надзора) территориальными органами Роспотребнадзора» по Российской Федерации за 2021–2024 гг. В целом, обобщено и проанализировано более 14,5 тыс. показателей, характеризующих результаты контрольно-надзорных мероприятий в сфере ЗПП во всех

¹ Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2017 № 1837-р «Об утверждении Стратегии государственной политики РФ в области защиты прав потребителей на период до 2030 года».

регионах страны. Рассчитаны доли контрольных (надзорных) мероприятий в отношении сегментов потребительского рынка в общем числе контрольных мероприятий в области ЗПП; доли нарушений на объектах различных сфер потребительского рынка от общего количества нарушений в области ЗПП. Определено и проанализировано число нарушений на одно КНМ и удельный экономический ущерб на один случай причинения вреда потребителю на объектах различных сфер потребительского рынка. Удельный экономический ущерб на один случай вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя определяли как отношение суммы возмещенного имущественного вреда и компенсированного морального вреда к числу случаев причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителей. Определена структура нарушений обязательных требований в области ЗПП, в том числе Закона РФ от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей». Проведен анализ структуры и динамики случаев причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителей.

Результаты. Анализ результатов федерального государственного контроля (надзора) в области защиты прав потребителей за 2021–2024 гг. отражает последовательную оптимизацию надзорной деятельности. За указанный период общее количество контрольных (надзорных) мероприятий возросло в 11,7 раза и достигло 133,1 тыс. в 2024 г. по сравнению с 11,3 тыс. в 2021 г. (рис. 1). Данная динамика объясняется масштабированием практики проведения КНМ без взаимодействия с контролируруемыми лицами, объем которых увеличился в 50,5 раза.

На фоне роста числа контрольных (надзорных) мероприятий в 2024 г. констатируется рост абсолютных показателей выявленных нарушений обязательных требований в области ЗПП – в 7,6 раза к 2024 г. (241,4 тыс. против 31,9 тыс. в 2021 г.) (рис. 2). При этом количество выявленных нарушений обязательных требований в области ЗПП в расчете на одно контрольное (надзорное) мероприятие в 2024 г. снизилось относительно 2021 г. в 1,6 раза и составило 1,8 (в 2021 г. – 2,8) (табл. 1).

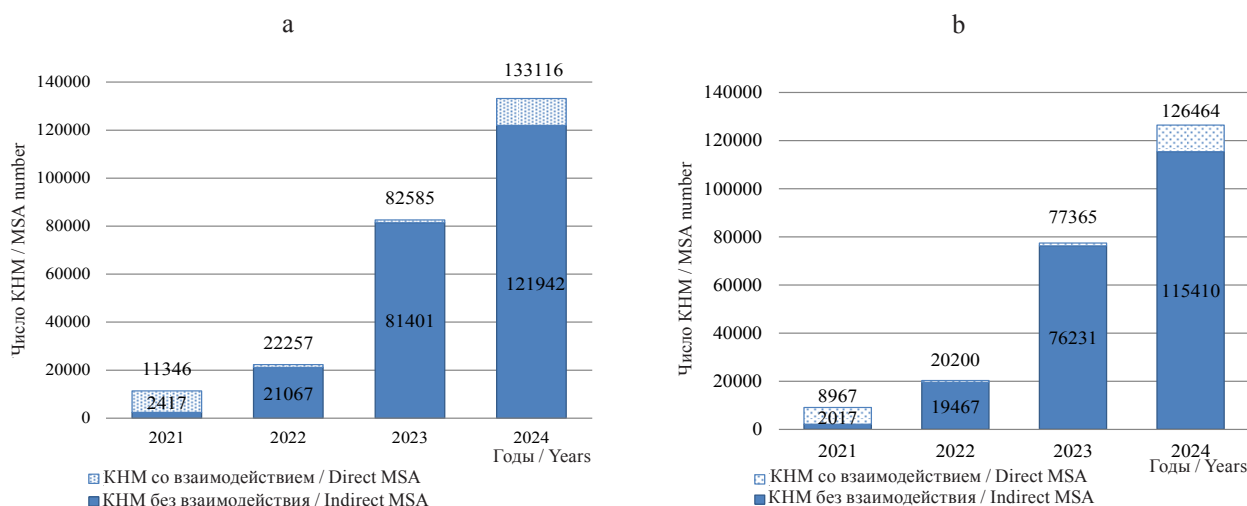


Рис. 1. Число контрольных (надзорных) мероприятий (КНМ) в области защиты прав потребителей в Российской Федерации в 2021–2024 гг., в том числе КНМ без взаимодействия: а) всего; б) в розничной торговле

Fig. 1. The number of market surveillance activities (MSA) in the Russian Federation in 2021–2024, including indirect MSA: а) all; б) in retail

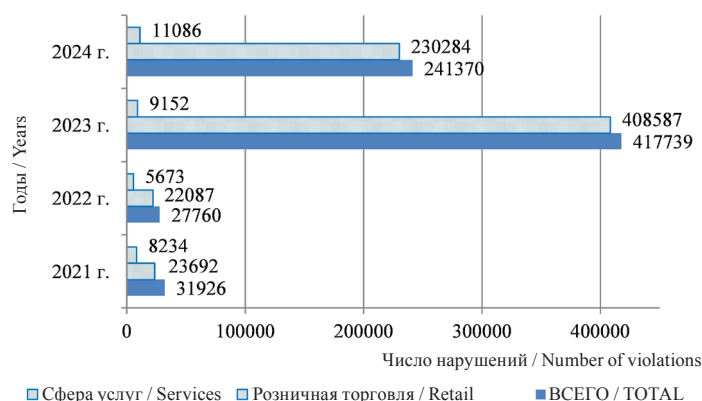


Рис. 2. Число нарушений обязательных требований в области защиты прав потребителей в Российской Федерации в 2021–2024 гг.

Fig. 2. The number of violations of mandatory requirements for consumer protection in the Russian Federation in 2021–2024

Выявлена дифференциация результативности различных форматов надзора – среднее количество нарушений при КНМ без взаимодействия (в среднем 2,2) в 2,5 раза уступает аналогичному показателю при мероприятиях со взаимодействием (в среднем 5,4)². В то же время за счет масштабирования данного формата (объем КНМ без взаимодействия вырос с 2021 г. в 50,5 раза) его совокупный вклад в выявление нарушений оказался существенно выше – более чем в 4 раза (4,4 раза), чем у мероприятий, проводимых со взаимодействием. Полученные данные подтверждают, что формат КНМ со взаимодействием обеспечивает более высокую среднюю результативность по количеству выявляемых нарушений на одно мероприятие, в то время как КНМ без взаимодействия показывают высокую эффективность с точки зрения масштаба охвата и совокупного вклада в выявление нарушений.

Анализ количества нарушений на одно КНМ выявил значительные отраслевые различия и разнонаправленные тенденции в период 2021–2024 гг. (табл. 1). Общий показатель выявил снижение на 35,6 %, что свидетельствует о системном изменении подходов к КНД. При этом детализация данных отражает существенные межотраслевые различия,

при которых применяемые методы и интенсивность надзора адаптируются под специфику и риски каждой отдельной сферы.

Наиболее проблемными сегментами в сфере ЗПП с точки зрения выявляемой частоты нарушений в 2024 г. являлись: деятельность платежных агентов (5,0 нарушений на КНМ) и дистанционное оказание услуг (4,2). Эти виды услуг демонстрируют и наиболее значительный рост фиксируемых нарушений – 900,0 и 486,4 % соответственно. Подобная динамика указывает на формирование новых зон риска, связанных с цифровизацией экономики и развитием дистанционных форм обслуживания. Одновременно наблюдается существенное улучшение ситуации в традиционных секторах – услуги автостоянок (–87,3 %), риелторская деятельность (–91,3 %) и бытовое обслуживание (–63,1 %) – значительное снижение числа нарушений на одно КНМ служит индикатором действенности применяемых контрольных мер и повышения правовой дисциплины в данных отраслях.

Структурный анализ показывает, что в 2021–2024 гг. большая часть проведенных контрольных (надзорных) мероприятий (в 2021 г. – 79,0 %; в 2024 гг. – 95,0 %) и выявленных нарушений

Таблица 1. Количество выявленных нарушений на одно контрольное (надзорное) мероприятие за соблюдением требований в области ЗПП для сегментов потребительского рынка в Российской Федерации в 2021–2024 гг.

Table 1. Detected violations of consumer rights per market surveillance activity by segments in the Russian Federation in 2021–2024

Наименование сегментов потребительского рынка / Consumer market segments	Годы / Years				Темп прироста / Growth rate 2024/2021, %
	2021	2022	2023	2024	
ВСЕГО / TOTAL	2,8	1,2	5,1	1,8	–35,6
в том числе: Розничная торговля / Including Retail	2,6	1,1	5,3	1,8	–31,1
из них / of which: розничная торговля продовольственными товарами / food retail	2,3	0,9	6,2	1,6	–30,7
розничная торговля дистанционным способом / online retail	1,7	1,3	1,6	2,0	13,7
в том числе: сфера услуг / including Services	3,5	2,8	1,8	1,7	–51,8
из них / of which: сфера услуг дистанционным способом / online services	0,7	3,1	2,4	4,2	486,4
общественное питание / public catering	2,6	1,3	1,7	1,6	–36,6
бытовое обслуживание населения / household	4,8	3,1	2,0	1,8	–63,1
техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств / car maintenance and repair	3,6	2,9	2,3	2,0	–44,8
услуги автостоянок / parking	4,5	1,8	1,1	0,6	–87,4
гостиничные услуги / accommodation	2,8	2,3	1,3	1,3	–54,0
туристские услуги / tourism	1,9	1,1	2,2	1,8	–3,5
транспортные услуги / transportation	3,9	2,8	1,3	2,2	–44,2
услуги связи / communication	6,8	2,2	2,5	1,6	–76,5
деятельность на финансовом рынке / finance	3,9	1,9	1,3	1,9	–50,5
деятельность платежных агентов / payment	0,5	1,0	2,1	5,0	900,0
долевое строительство жилья / shared construction	1,9	2,9	2,4	1,5	–24,4
жилищно-коммунальные услуги / housing	2,2	1,1	1,0	0,9	–60,3
образовательные услуги / education	2,5	6,0	1,5	1,9	–26,0
медицинские услуги / health	2,3	3,5	2,1	2,5	9,3
риелторская деятельность / real estate	5,3	2,5	3,2	0,5	–91,3
культурно-развлекательные мероприятия / culture and entertainment	2,3	1,3	1,2	1,0	–55,5

² Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 442 с.

обязательных требований в области ЗПП (в 2021 г. – 74,2 %; в 2024 г. – 95,4 %) в Российской Федерации приходилась на объекты розничной торговли. Число контрольных (надзорных) мероприятий и нарушений в области ЗПП в сфере розничной торговли увеличилось в 2024 г. по сравнению с 2021 г. в 11,1 и 9,7 раза соответственно. По сравнению с розничной торговлей число контрольных (надзорных) мероприятий и нарушений в области ЗПП в сфере услуг увеличилось незначительно (в 2,8 и 1,3 раза соответственно).

Стабильный рост числа КНМ в 2021–2024 гг. объясняется увеличением их количества без взаимодействия с контролируемыми лицами (в сфере розничной торговли в 57,2 раза; в сфере услуг – в 16,3 раза), что обусловлено масштабированием практики мероприятий без взаимодействия с контролируемыми лицами с использованием автоматизированных систем и аналитических данных для выявления потенциальных нарушений.

Значимым фактором интенсификации контроля в сфере розничной торговли стало внедрение индикаторов риска нарушения требований по маркировке товаров средствами идентификации. Динамика соответствующих внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий отражает их значимый рост: с 2 в 2022 г. до 386 в 2023 г. и 5802 в 2024 г.

Число нарушений на одно КНМ в сфере розничной торговли в 2024 г. незначительно снизилось в 1,4 раза – с 2,6 в 2021 г. до 1,8 нарушения, что коррелирует с повышенной эффективностью проверок с прямым взаимодействием. Аналогичная, но более выраженная положительная динамика наблюдается в сфере услуг, где частота нарушений на 1 КНМ сократилась в 2,1 раза – с 3,5 в 2021 г. до 1,7 в 2024 г.

В 2024 г. почти четверть нарушений в области ЗПП (23,8 %) приходилась на нарушения Закона «О защите прав потребителей». Чаще всего нарушались требования иных нормативных правовых актов в области ЗПП (68,9 %). Реже фиксировались нарушения технических регламентов (7,2 % нарушений).

В 2024 г. на фоне изменения структуры нарушений обязательных требований в сфере ЗПП удельный вес нарушений иных нормативных правовых актов увеличился в 1,9 раза относительно 2021 г., достигнув 68,9 % (против 36,5 % в 2021 г.), что обусловлено расширением регуляторного поля, в частности введением новых правил маркировки отдельных видов товаров.

Большая часть нарушений обязательных требований в сфере услуг отражает нарушения положений Закона «О защите прав потребителей» (в 2024 г. – 65,5 %), в 33,8 % случаев нарушались требования иных нормативных правовых актов РФ. При этом в розничной торговле преобладают нарушения специальных нормативных актов (70,6 %).

Структура нарушений обязательных требований Закона «О защите прав потребителей» в Российской Федерации является довольно устойчивой: на протяжении 2021–2024 гг. наиболее распространенными остаются нарушения статей 8–10, 12, предъявляющих требования к предос-

тавлению информации о товаре, работе, услуге (2021 г. – 53,4 %; 2024 г. – 45,1 %). Ведущее место по доле нарушений ст. 8–10, 12 Закона «О защите прав потребителей» занимают: гостиничные услуги, сфера услуг дистанционным способом, медицинские услуги, общественное питание, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств (57,9–73,8 %). Лидерами по объему нарушений ст. 4 Закона «О защите прав потребителей» (качество товара) в 2024 г. стали сфера розничной торговли (29,4 %), в том числе дистанционным способом (38,7 %), продовольственными товарами (36,7 %); услуги связи (24,5 %). Больше всего нарушений ст. 7 Закона выявлено в сфере розничной торговли (7,9 %), в том числе продовольственными товарами (6,5 %). Наибольший объем нарушений ст. 16 Закона «О защите прав потребителей» выявлен в деятельности платежных агентов (61,5 %), сфере долевого строительства жилья (53,4 %), риелторской деятельности (46,7 %).

Анализ данных показывает рост количества зафиксированных случаев причинения вреда потребителям. По фактам нарушений обязательных требований в области ЗПП в 2024 г. было зафиксировано 20,6 тыс. случаев причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителей, что в 1,9 раза больше 2021 г. (в 2021 г. – 10,9 тыс.). Наиболее значительный рост отмечен в части причинения вреда жизни и здоровью – увеличение в 15,3 раза (с 59 в 2021 г. до 903 случаев), тогда как вред имуществу возрос в 1,8 раза (с 10,8 тыс. в 2021 г. до 19,66 тыс. случаев). Полученные данные актуализируют задачу дальнейшего развития риск-ориентированного подхода в КНД, в том числе с учетом изменения структуры и частоты нарушений, размеров причиняемого ущерба.

В 2021–2024 гг. стабильно большая часть случаев причинения вреда потребителям приходилась на случаи причинения вреда имуществу (в 2024 г. – 95,5 %; в 2021 г. – 99,4 %). Основная часть случаев причинения вреда имуществу потребителей с 2021 по 2024 г. стабильно выявлялась в сфере розничной торговли (в 2024 г. – 67,7 %; 2021 г. – 63,3 %), при этом в большей степени недовольственными товарами (в 2024 г. – 59,8 %; 2021 г. – 45,9 %), что обусловлено расширением рынка онлайн-торговли, слабой правовой регуляцией сферы онлайн-торговли и отсутствием современных методов контроля (надзора). Отмечается перераспределение в сторону дистанционного формата – в 2024 г. доля случаев причинения вреда имуществу потребителей в сфере розничной торговли дистанционным способом составила 29,3 % (в 2021 г. – 5,7 %, темп прироста 414,7 %). В сфере услуг в 2024 г. наибольшая доля случаев причинения вреда имуществу потребителей была выявлена в сфере бытового обслуживания населения (6,1 %), образовательных услуг (4,8 %), что объясняется массовостью услуг и несоблюдением стандартов качества.

Одновременно наблюдался существенный рост доли вреда в образовательных (528,76 %) и дистанционных (1340,47 %) услугах, а также розничной торговле дистанционным способом, культурно-развлекательных

мероприятиях, деятельности платежных агентов и пр., что указывает на системные пробелы в регулировании данных сегментов.

В 2024 г., как и в предыдущие годы, наибольшая доля случаев причинения вреда жизни и здоровью потребителей была выявлена в сфере розничной торговли (94,6 %), в основном в сфере розничной торговли продовольственными товарами (79,4 %), в сфере жилищно-коммунальных услуг (2,1 %), общественного питания (1,9 %), что объясняется недостаточностью внутреннего контроля за соблюдением требований к качеству и безопасности услуг; в сфере жилищно-коммунальных услуг – изношенностью и аварийностью инфраструктуры, недостаточным техническим обслуживанием и ремонтом коммунаций; в общественном питании – несоблюдением санитарно-эпидемиологических требований, недостаточной квалификацией или халатностью персонала, использованием некачественного сырья; нарушением технологического процесса.

Значимость проблемы подчеркивается ростом соответствующих показателей: доля розничной торговли в общем объеме вреда жизни и здоровью увеличилась на 50,81 % по сравнению с 2021 г., а торговли продовольственными товарами – на 103,68 %, жилищно-коммунальных услуг – 24,1 %.

Наблюдаются различия в динамике удельного экономического ущерба на один случай причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя между различными секторами экономики. Данный показатель возрос к 2024 г. в 2,4 раза, достигнув 49,2 тыс. руб. При этом в сфере услуг величина удельного экономического ущерба превышает аналогичный показатель в розничной торговле: в 2024 г. разрыв составил 3,8 раза (99,6 тыс. руб. против 26,5 тыс. руб.) (табл. 2).

Лидерами по величинам удельного экономического ущерба на один случай причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителей в 2024 г. были финансово емкие отрасли: «долевое строительство жилья» (429,658 тыс. руб.); «туристические услуги» (207,155 тыс. руб.); «деятельность платежных агентов» (160,590 тыс. руб.); «образовательные услуги» (115,569 тыс. руб.); «бытовое обслуживание» (113,240 тыс. руб.), «деятельность на финансовом рынке» (113,162 тыс. руб.). Наибольший прирост данного показателя в период 2021–2024 гг. наблюдался в сфере жилищно-коммунальных услуг; риелторской деятельности; образовательных услуг.

Обсуждение. Проведенное исследование, согласующееся с выводами ряда других научных исследований [8–16], позволило оценить трансформацию

Таблица 2. Удельный экономический ущерб на один случай причинения вреда жизни, здоровью и имуществу потребителя для сегментов потребительского рынка в Российской Федерации в 2021–2024 гг., тыс. руб.*

Table 2. Specific economic losses from harm to consumer's life, health and property by consumer market segments in the Russian Federation in 2021–2024, thousand rubles*

Наименование сегментов потребительского рынка / Consumer market segments	Годы / Years				Темп прироста / Growth rate 2024/2021, %
	2021	2022	2023	2024	
ВСЕГО / TOTAL	20,356	66,587	46,952	49,231	141,86
в том числе: Розничная торговля / including Retail	13,262	87,698	27,873	26,525	100,02
из них / of which: розничная торговля продовольственными товарами / food retail	1,550	4,318	3,011	3,969	156,03
розничная торговля дистанционным способом / online retail	5,963	9,242	13,853	19,470	226,50
в том числе: Сфера услуг / including Services	32,569	41,752	80,568	99,550	205,66
из них / of which: сфера услуг дистанционным способом / online services	83,300	6,506	39,918	102,629	23,20
общественное питание / public catering	10,356	5,330	43,947	24,119	132,89
бытовое обслуживание населения / household	20,224	37,497	91,296	113,240	459,93
техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств / car maintenance and repair	18,627	24,194	99,676	83,882	350,32
услуги автостоянок / parking	22,967	95,623	55,473	48,724	112,15
гостиничные услуги / accommodation	5,634	12,809	29,301	26,532	370,89
туристские услуги / tourism	69,140	100,316	119,627	207,155	199,62
транспортные услуги / transportation	21,346	40,812	35,421	43,248	102,61
услуги связи / communication	2,432	4,216	9,616	8,196	236,96
деятельность на финансовом рынке / finance	37,810	42,527	69,553	113,162	199,29
деятельность платежных агентов / payment	57,700	152,800	14,644	160,590	178,32
долевое строительство жилья / shared construction	433,077	337,522	431,260	429,658	-0,79
жилищно-коммунальные услуги / housing	3,773	8,748	33,904	83,697	2118,06
образовательные услуги / education	17,190	33,689	99,415	115,569	572,29
медицинские услуги / health	25,399	23,767	75,953	82,874	226,29
риелторская деятельность / real estate	3,067	6,880	65,688	25,725	738,86
культурно-развлекательные мероприятия / culture and entertainment	28,715	21,544	19,040	30,008	4,50

*Без учета индексов-дефляторов / Excluding deflators

контрольно-надзорной деятельности в сфере защиты прав потребителей в условиях административной реформы.

Полученные результаты свидетельствуют о смещении акцента в сторону контрольных (надзорных) мероприятий без взаимодействия с контролируемыми лицами – масштабированием данного формата КНМ, объем которого вырос в 50,5 раза.

Выявленные существенные различия в динамике числа нарушений на одно КНМ между традиционными и цифровыми сегментами рынка требуют дальнейшего совершенствования регуляторных подходов. Рост количества нарушений на одно КНМ в дистанционной торговле (13,7 %) и сфере услуг (486,4 %), а также в деятельности платежных агентов (900,0 %) указывает на динамичное развитие данных сегментов и отражает формирование новых зон риска, не охваченных адекватным регуляторным воздействием.

Анализ структуры нарушений выявил устойчивую отраслевую специфику – в розничной торговле доминируют нарушения специальных нормативных актов (70,6 %), тогда как в сфере услуг преобладают нарушения базовых положений Закона «О защите прав потребителей» (65,5 %), что подчеркивает перспективность разработки и совершенствования дифференцированных подходов к контролю, учитывающих отраслевую природу правонарушений.

Рост случаев причинения вреда жизни и здоровью потребителей, а также высокий удельный экономический ущерб на один инцидент в капиталоемких отраслях (долевое строительство – 429,7 тыс. руб., туризм – 207,2 тыс. руб.) определяют приоритеты для дальнейшего совершенствования надзора.

Рост случаев вреда жизни и здоровью в 15,3 раза свидетельствует о сохраняющихся проблемах в обеспечении безопасности товаров и услуг, прежде всего в розничной торговле продовольственными товарами (79,4 % всех случаев вреда жизни и здоровью), и подтверждает обоснованность существующего фокуса на данном сегменте.

В целом реформа контрольно-надзорной деятельности привела к повышению направленности надзорных мероприятий по обращениям и индикаторам риска нарушений обязательных требований, одновременно выявляя новые проблемные зоны, прежде всего в электронной торговле товарами и услугами [17–20]. Дальнейшее развитие видится в совершенствовании нормативно-методического обеспечения надзора, особенно в цифровой сфере, и в углублении дифференциации подходов в зависимости от отраслевой специфики с ориентацией на объекты с высоким риском причинения вреда потребителю.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить системные изменения в контрольно-надзорной деятельности в сфере защиты прав потребителей в период 2021–2024 гг., обусловленные адаптацией к новым условиям. Важным изменением стало масштабирование контрольных мероприятий без взаимодействия с контролируемыми лицами, их объем увеличился в 50,5 раза. Статистические данные демонстрируют позитивную динамику

в эффективности надзорных мероприятий: при увеличении количества контрольных мероприятий в 9,1 раза достигнуто снижение частоты нарушений на одно КНМ в 1,6 раза, что свидетельствует о повышении целенаправленности и результативности контроля. Отмечаются различия в результативности отдельных форм контроля – мероприятия со взаимодействием сохраняют более высокую выявляемость нарушений. При этом формат без взаимодействия обеспечивает широкий охват поднадзорных хозяйствующих субъектов. Такое сочетание формирует сбалансированную модель в условиях оптимизации ресурсов.

Выявлена трансформация структуры нарушений, характеризующаяся концентрацией надзорных усилий на розничной торговле (95,4 % нарушений), формированием новых зон риска в цифровых сегментах (дистанционная торговля и услуги), доминированием специальных норм в торговле и базовых положений Закона «О защите прав потребителей» в сфере услуг.

Представляется, что получаемая в ходе данного или аналогичного анализа информация должна являться основной для риск-ориентированного планирования контрольно-надзорной деятельности, включая профилактические меры как элемент КНД.

Приоритетными направлениями совершенствования контрольно-надзорной деятельности на базе риск-ориентированных подходов являются:

- научное обоснование и организация перераспределения плотности контроля разных сегментов потребительского рынка в соответствии с уровнями риска охраняемым ценностям, с акцентом на объектах с высокой вероятностью нарушений и высоким удельным экономическим ущербом на случай причинения вреда потребителю;
- разработка научно-методических подходов к контролю в цифровых сегментах экономики;
- совершенствование методических инструментов экономических оценок всех видов нарушений обязательных требований в сфере ЗПП.

Полученные результаты создают научную основу для оптимизации контрольно-надзорной деятельности в условиях сохранения ограничительного режима проверок и дальнейшей цифровизации потребительского рынка и могут быть использованы для задач планирования контрольных (надзорных) и профилактических мероприятий за соблюдением обязательных требований, а также разработки научно-методической базы для последовательного внедрения риск-ориентированной модели в сфере защиты прав потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотов В.А. Защита прав потребителей в условиях административной реформы // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Серия: Юриспруденция. 2022. № 19. С. 40–42. EDN: FCGQVF.
2. Бак Е.В., Ахмедова Ю.О. О преодолении спорных вопросов государственного надзора в области защиты прав потребителей // Проблемы права. 2018. № 4 (68). С. 53–56 EDN: YTOPJJ.
3. Боронина Л.Н., Ольховикова С.В. Реформа контрольно-надзорной деятельности в России: анализ процесса

- и возникающие проблемы // Общество: политика, экономика, право. 2024. № 9 (134). С. 131-140.
4. Маркова А.М. Реформа контрольно-надзорной деятельности: первые итоги и дальнейшие перспективы // Новый юридический вестник. 2021. № 1 (25). С. 7-10.
 5. Ромашов Р.Ю. Профилактический визит как альтернатива плановым контрольным (надзорным) мероприятиям в условиях реформы контрольной (надзорной) деятельности // Молодой ученый. 2024. № 26 (525). С. 292-294.
 6. Баранов М.Ю., Реснянский С.Г. Организация контрольно-надзорных мероприятий с учетом риск ориентированного подхода и влияние индикаторов риска нарушений обязательных требований // Научный электронный журнал Меридиан. 2021. № 9 (62). С. 36-38.
 7. Седусова Э.В., Никифорова Н.В., Клейн С.В. Анализ структуры нарушений обязательных требований в области защиты прав потребителей в Российской Федерации. В сборнике: Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2024. Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. Пермь, 2024. С. 58-64.
 8. Глушко Г.К. Риск-ориентированный государственный контроль (надзор) // Публичное право сегодня. 2018. № 3. С. 10-18.
 9. Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А. Научно-методические подходы к формированию риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере защиты прав потребителей // Анализ риска здоровью. 2017. № 2. С. 4-15.
 10. Зайцева Н.В., Май И.В., Никифорова Н.В., Кирьянов Д.А. К совершенствованию модели риск-ориентированного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) пищевой продукции в обороте // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 4-16.
 11. Ковалев Е.В., Занина М.Я., Моцкус А.В., Мусиенко С.А., Машдиева М.С. Региональные аспекты оценки результативности и эффективности риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью. 2024. № 2. С. 4-16. doi: 10.21668/health.risk/2024.2.03 EDN: BHRFZL.
 12. Тулаева К.В. Эффективность профилактических мероприятий в сфере государственного контроля (надзора) и муниципального контроля (в контексте ПМЭФ 2023) // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. 2023. № S99-3 (99). С. 75-79.
 13. Hurley C, Sinnott C, Clarke M, et al. Perceived barriers and facilitators to Risk Based Monitoring in academic-led clinical trials: A mixed methods study. *Trials*. 2017;18:423. doi: 10.1186/s13063-017-2148-4
 14. World Bank Group. *An Introduction to Developing a Risk-Based Approach to Financial Consumer Protection Supervision: Guidance Note*. Washington, D.C.; 2022. Accessed September 10, 2025. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099830012152234435/pdf/P1623930db820404b0958c0259a43cd35fa.pdf>
 15. Dahiya A, Banerji D, Filieri R. Consumer well-being: A systematic literature review and future research directions. *SJM-ESIC*. 2024;29(4):465-490. doi: 10.1108/SJME-12-2023-0355
 16. Yamada O, Chiu SW, Nakazawa T, et al. Effectiveness of remote risk-based monitoring and potential benefits for combination with direct data capture. *Trials*. 2024;25(1):384. doi: 10.1186/s13063-024-08242-2
 17. Колесниченко О.В., Панкратова Д.В. Реализация товаров через маркетплейсы: проблемы осуществления и защиты прав потребителей // Национальная безопасность / Nota Bene. 2024. 3. С. 17-27.
 18. Пупынин М.В., Незнамова А.А. Правовое регулирование дистанционной торговли товарами и услугами по законодательству Российской Федерации // Вектор научной мысли. 2024. № 11 (16). С. 268-270.
 19. Усова Н.В., Логинов М.П. Трансформация цифровых услуг розничной торговли: тенденции и перспективы // Вестник Института экономических исследований. 2025. № 2 (38). С. 148-162.
 20. Орел В.И., Пузырев В.Г., Васильева И.В., Нефедова А.Г., Шепелева О.М. Особенности защиты прав потребителей при дистанционном способе продажи товаров // Медицина и организация здравоохранения. 2023. Т. 8. № 4. С. 103-110.

REFERENCES

1. Fedotov VA. Protection of consumer rights under administrative reform. *Vestnik Obrazovatel'nogo Konsortsiума Srednerusskiy Universitet. Seriya: Yurisprudentsiya*. 2022;(19):40-42. (In Russ.)
2. Bak EV, Akhmedova YuO. On overcoming controversial issues of state supervision in the field of consumer protection. *Problemy Prava*. 2018;(4(68)):53-56. (In Russ.)
3. Boronina LN, Olkhovikova SV. Reforming control and supervision activities in Russia: Analyzing the process and actual issues. *Obshchestvo: Politika, Ekonomika, Pravo*. 2024;(9(134)):131-140. (In Russ.) doi: 10.24158/pep.2024.9.15
4. Markova AMM. [Reform of regulatory and supervisory activities: First results and future prospects.] *Novyy Yuridicheskiy Vestnik*. 2021;(1(25)):7-10. (In Russ.)
5. Romashov RYu. [Preventive visits as an alternative to scheduled control (supervisory) measures in the context of the reform of control (supervisory) activities.] *Molodoy Uchenyy*. 2024;(26(525)):292-294. (In Russ.)
6. Baranov MYu, Resnyanskiy SG. Organization of control and supervisory measures taking into account the risk-oriented approach and the impact of risk indicators of violations of mandatory requirements. *Nauchnyy Elektronnyy Zhurnal Meridian*. 2021;(9(62)):36-38. (In Russ.)
7. Sedusova EV, Nikiforova NV, Kleyn SV. [Analysis of the structure of violations of mandatory requirements in the field of consumer protection in the Russian Federation.] In: *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the Russian Scientific and Practical Web Conference of Young Rospotrebnadzor Scientists and Specialists with International Participation, Perm, October 14–16, 2024*. Perm: Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies Publ.; 2024:58-64. (In Russ.)
8. Glushko GK. [Risk-oriented state control (supervision)]. *Publichnoe Pravo Segodnya*. 2018;(3):10-18. (In Russ.)
9. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA. Scientific-methodological approaches to designing risk-oriented model of control and surveillance activities in the sphere of consumer rights protection. *Health Risk Analysis*. 2017;(2):4-15. doi: 10.21668/health.risk/2017.2.01.eng
10. Zaitseva NV, May IV, Nikiforova NV, Kiryanov DA. Developing model of risk-based sanitary-epidemiological control (surveillance) over food products in consumer market. *Health Risk Analysis*. 2023;(3):4-16. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.01.eng

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-7-15>
Original Research Article

11. Kovalev EV, Zanina MYa, Motskus AV, Musienko SA, Mashdieva MS. Regional aspects in assessment of performance and effectiveness of the risk-based model for control and surveillance activities in provision of sanitary-epidemiological wellbeing of the population. *Health Risk Analysis*. 2024;(2):32-43. doi: 10.21668/health.risk/2024.2.03.eng
12. Tulaeva KV. The efficiency of preventive measures in the sphere of state control (supervision) and municipal control (in the context of the SPIEF 2023). *Aktual'nye Problemy Gumanitarnykh i Sotsial'no-Ekonomicheskikh Nauk*. 2023;(S99-3):75-79. (In Russ.)
13. Hurley C, Sinnott C, Clarke M, et al. Perceived barriers and facilitators to Risk Based Monitoring in academic-led clinical trials: A mixed methods study. *Trials*. 2017;18:423. doi: 10.1186/s13063-017-2148-4
14. World Bank Group. *An Introduction to Developing a Risk-Based Approach to Financial Consumer Protection Supervision: Guidance Note*. Washington, D.C.; 2022. Accessed September 10, 2025. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099830012152234435/pdf/P1623930db820404b0958c0259a43cd35fa.pdf>
15. Dahiya A, Banerji D, Filieri R. Consumer well-being: A systematic literature review and future research directions. *SJM-ESIC*. 2024;29(4):465-490. doi: 10.1108/SJME-12-2023-0355
16. Yamada O, Chiu SW, Nakazawa T, et al. Effectiveness of remote risk-based monitoring and potential benefits for combination with direct data capture. *Trials*. 2024;25(1):384. doi: 10.1186/s13063-024-08242-2
17. Kolesnichenko OV, Pankratova DV. Sale of goods through marketplaces: Problems of realization and protection of consumer rights. *Natsional'naya Bezopasnost'/Nota Bene*. 2024;(3):17-27. (In Russ.) doi: 10.7256/2454-0668.2024.3.71092
18. Pupynin MV, Neznamova AA. [Legal regulation of online sales of goods and services under the legislation of the Russian Federation.] *Vektor Nauchnoy Mysli*. 2024;(11(16)):268-270. (In Russ.)
19. Usova NV, Loginov MP. Transformation of digital retail services: Trends and prospects. *Vestnik Instituta Ekonomicheskikh Issledovaniy*. 2025;(2(38)):148-162. (In Russ.)
20. Orel VI, Puzyrev VG, Vasilyeva IV, Nefedova AG, Shepeleva OM. Peculiar features of consumer protection in the remote method of selling goods. *Meditsina i Organizatsiya Zdravookhraneniya*. 2023;8(4):103-110. (In Russ.) doi: 10.56871/MHCO.2023.58.38.009

Сведения об авторах:

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

Клейн Светлана Владиславовна – д.м.н., доцент, проф. РАН, заместитель директора по научной работе; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

Май Ирина Владиславовна – д.б.н., проф., главный научный сотрудник – советник директора; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

✉ **Седусова** Элла Викторовна – научный сотрудник; e-mail: ella@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6677-1142>.

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

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

Финансирование: исследование выполнено при финансировании научных работ в рамках выполнения государственного задания.

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

Статья получена: 14.09.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликована: 28.11.25

Author information:

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

Svetlana V. Kleyn, Dr. Sci. (Med.), docent, Prof. RAS, Deputy Director for Research; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

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

✉ **Ella V. Sedusova**, Researcher; e-mail: ella@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6677-1142>.

Author contributions: study conception and design: *Zaitseva N.V., May I.V.*; data collection: *Sedusova E.V.*; data processing and analysis, interpretation of results, draft manuscript preparation: *Kleyn S.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This study was supported by government research funding.

Conflict of interest: Prof. Zaitseva is a member of the editorial board of the scientific and practical journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 14, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025

**Жизненные и трудовые потери общественного здоровья, вызванные туберкулезом в России, за 2016 и 2023 годы**З.М. Загдын¹, С.А. Стерликов², Н.В. Кобесов³, Т.П. Васильева¹, Ю.В. Михайлова²¹ ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко», ул. Воронцово Поле, д. 12, стр. 1, г. Москва, 105064, Российская Федерация² ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, ул. Добролюбова, д. 11, г. Москва, 127254, Российская Федерация³ ГБУЗ «Республиканский клинический центр фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Республики Северная Осетия – Алания, проезд Лечебный, д. 1, г. Владикавказ, 362026, Российская Федерация**Резюме****Введение.** Туберкулез продолжает снижать качество общественного здоровья, определяя важность оценки его бремени более чувствительными методами, чем традиционные эпидемиологические показатели.**Цель исследования.** Оценка бремени туберкулеза: жизненных и трудовых потерь общественного здоровья, вызванных туберкулезом, с использованием индекса DALY (disability adjusted life years).**Материалы и методы.** DALY рассчитывались по сумме потерянных лет жизни из-за преждевременной смертности от туберкулеза (YLL – years of life lost) и потерянных лет жизни из-за снижения социальных функций (YLD – years lost due to disability) за 2016 и 2023 годы в России. Источник сведений – статистические формы и данные Росстата.**Результаты.** Бремя туберкулеза в России преимущественно вызвано преждевременной смертностью от него с превышением YLL над YLD в 2016 г. в целом и у мужчин почти в 2 раза, среди женщин – в 1,4 раза. YLL наиболее высок среди мужского населения возраста 25–59 лет, особенно среди лиц возраста 35–44 лет, составившего 450,2 и 165,6 на 100 тыс. половозрастного населения в 2016 и 2023 гг. YLL за 2016 и 2023 гг. уменьшился в целом и среди мужчин в 2,6 раза, среди женщин – в 2,7 раза, против показателей снижения YLD в 1,8 и 1,9 раза. Отмечается замедление снижения YLL с 45 лет и старше, свидетельствуя о накоплении и смещении бремени туберкулеза в сторону старшей возрастной группы. Сохраняется преждевременная смертность от туберкулеза среди детей 0–14 лет, преимущественно среди девочек, с более медленным ее снижением среди мальчиков.**Заключение.** Результаты исследования необходимо учитывать при разработке целевых программ по туберкулезу в России, усилив противотуберкулезные меры в уязвимых возрастных группах: среди детей и групп от 45 лет, где снижение бремени туберкулеза замедляется по показателю YLL.**Ключевые слова:** туберкулез, общественное здоровье, трудовые потери, жизненные потери, преждевременная смертность, DALY, Россия.**Для цитирования:** Загдын З.М., Стерликов С.А., Кобесов Н.В., Васильева Т.П., Михайлова Ю.В. Жизненные и трудовые потери общественного здоровья, вызванные туберкулезом в России, за 2016 и 2023 годы // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 16–28. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-16-28**Life and Labor Losses of Public Health due to Tuberculosis in Russia in 2016 and 2023**Zinaida M. Zagdyn,¹ Sergey A. Sterlikov,² Nikolai V. Kobesov,³ Tatyana P. Vasilyeva,¹ Yulia V. Mikhailova²¹ N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Bldg 1, 12 Vorontsovo Pole Street, Moscow, 105064, Russian Federation² Russian Research Institute of Health, 11 Dobrolyubov Street, Moscow, 127254, Russian Federation³ North Ossetia–Alania Republican Clinical Center of Phthisiopulmonology, 1 Lechebny Driveway, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia–Alania, 362026, Russian Federation**Summary****Introduction:** Tuberculosis (TB) keeps worsening public health making it important to assess TB burden using more sensitive methods than traditional epidemiological indicators.**Objective:** To estimate the TB burden using the disability-adjusted life years (DALYs).**Materials and Methods:** The total burden of tuberculosis was calculated as the sum of years of life lost due to TB death (YLL) and years lost due to disability (YLD) in Russia in the years 2016 and 2023 based on statistical forms and data of the Federal State Statistics Service (Rosstat).**Results:** The TB burden in Russia is primarily due to premature mortality, with YLL being twice as high as YLD in 2016 for the total population and men and 1.4-fold for women. The YLL was the highest among men aged 25–59, particularly among those aged 35–44, equaling 450.2 and 165.6 per 100,000 population of the same age and sex group in 2016 and 2023, respectively. The YLL decreased between 2016 and 2023 by 2.6 times for the whole and male population and by 2.7 times among women, compared to 1.8 and 1.9-fold declines in YLD. A slower decline in the YLL is observed for those aged 45 and older, indicating a buildup and shift in the TB burden toward older age groups. Premature TB mortality persists among children aged 0–14, predominantly among girls, and with a slower decline among boys.**Conclusions:** The study results should be taken into account when developing targeted TB programs in Russia and improving TB prevention in vulnerable age groups, i.e. among children and adults over 45 years of age, where the reduction in the TB burden is noticeably slower in terms of YLL.**Keywords:** tuberculosis, public health, labor losses, life lost, premature mortality, DALY, Russia.**Cite as:** Zagdyn ZM, Sterlikov SA, Kobesov NV, Vasilyeva TP, Mikhailova YuV. Life and labor losses of public health due to tuberculosis in Russia in 2016 and 2023. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):16–28. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-16-28

Введение. Сохранение общественного здоровья (ОЗ) – медико-социального ресурса государства, зависит от состояния здоровья людского запаса общества, которое, в свою очередь, обусловлено различными факторами и вызовами [1–3]. Важную роль среди медико-биологических вызовов в снижении качества ОЗ играют социально значимые инфекционные заболевания (СЗИЗ) с длительным, затяжным течением – это туберкулез (ТБ), ВИЧ-инфекция, парентеральные вирусные гепатиты и другие¹ [4, 5]. Среди них ТБ, являясь наиболее древней инфекцией, до настоящего времени уносит множество человеческих жизней [6, 7]. Ежегодно от ТБ в мире умирает около 2 млн человек, заболевает им около 20 млн человек². В России сохранение напряженности ситуации по ТБ вызвано ростом доли случаев заболевания ТБ с множественной лекарственной устойчивостью возбудителя и коморбидности его с ВИЧ-инфекцией [8, 9].

Традиционно при анализе риска ОЗ со стороны заболевания используют легко рассчитываемые стандартные эпидемиологические показатели: заболеваемость, смертность и распространенность. Однако такой подход наряду с достоинствами (простота реализации) имеет ряд недостатков, поскольку не учитывает в виде единого индекса смертность и заболеваемость, а также меру потери трудового и социального функционирования. Учет ценности года жизни для общества при таком подходе происходит в лучшем случае субъективно, при оценке заболеваемости и смертности лиц разного возраста. В то же время для сбережения ОЗ как медико-социального ресурса общества, обеспечивающего его национальную безопасность, важна оценка этого заболевания с позиции значимости для потерь этого ресурса. Для этого существуют различные методы измерения бремени болезней, в т. ч. инфекционных. В социологических исследованиях нередко применяют качественный метод измерения бремени болезней или состояний с оценкой индекса качества жизни прожитых лет (QALY – quality adjusted life year) [10]. В эпидемиологическом отношении наиболее распространенным методом оценки социального груза болезней является вычисление преждевременной смертности от той или иной патологии с поправкой на инвалидность (DALY – disability adjusted life years) предложенный Murrey C.J.L. еще в 1990-е годы [11], поддерживаемый широким кругом экспертов, а также Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Индекс DALY рассчитывается по сумме показателя потерянных лет жизни в связи с преждевременной

смертностью от изучаемой болезни (YLL – years life lost) и показателя потерянных лет жизни из-за утраты трудоспособности (полной или частичной) или снижения качества социального функционирования человека из-за имеющейся болезни (YLD – years lost due to disability). Индекс DALY для изучения социального влияния заболевания на общество, включая СЗИЗ, в т. ч. ТБ, в нашей стране применяется сравнительно редко. В поисковых системах научной литературы мы обнаружили лишь несколько отечественных публикаций, и то без полной оценки показателя DALY различных патологий, в т. ч. ВИЧ-инфекции [12–14]. Имеется публикация об обобщении возможности применения DALY для оценки состояния здоровья населения в России целом, однако также без учета индекса YLD [15]. Вместе с тем именно индекс DALY наиболее полно отражает бремя риска общественному здоровью, обусловленное потерями лет жизни в виде полной (смерть от заболевания) или частичной (вследствие болезни) утраты трудового и социального функционирования. В зарубежных странах этот метод в эпидемиологических и социологических целях применяется чаще, чем в России, в т. ч. в странах постсоветского пространства [16–18]. Измерение риска заболевания и смерти от любых болезней, особенно инфекционных, также является важным прогностическим инструментом для управления эпидемическим процессом [19–21]. В данной работе мы попробовали изложить возможную методологию подходов к определению динамики потерь общественного здоровья с использованием индекса DALY на примере длительно протекающего инфекционного заболевания – ТБ. При этом только использование DALY, на наш взгляд, позволит комплексно оценить динамику риска ТБ для ОЗ с учетом таких факторов, как улучшение эпидемической обстановки по ТБ, изменение доли коинфекции ТБ и ВИЧ, рост лекарственной устойчивости возбудителя с одновременным внедрением укороченных режимов лечения заболевания.

Целью исследования является оценка бремени туберкулеза: жизненных и трудовых потерь общественного здоровья, вызванных туберкулезом, с использованием индекса DALY.

Материалы и методы. Исследование по дизайну является когортным (на открытой когорте). Источниками информации были сведения, полученные из официальных форм федерального статистического наблюдения (ФСН): № 8 «Сведения о заболеваниях активным туберкулезом»³ (далее – ф. № 8), № 33 «Сведения о больных туберкулезом»⁴

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 01.12.2004 № 715 (в редакции от 31.01.2020) «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://turov.pro/wpcontent/uploads/2020/05/postanovlenie_pravitelstva_rf_ot_01_12_2004_n_715_red_ot.pdf?ysclid=lv5yuv2d4329633087 (дата обращения: 05.02.2025).

² Global Tuberculosis Report, 2024. – Geneva: WHO, 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2024/tb-disease-burden/1-2-tb-mortality> (дата обращения: 05.01.2025).

³ Приказ Росстата от 28.01.2009 № 12 (ред. от 20.01.2017) «Об утверждении статистического инструментария для организации Минздрава России федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения» Сведения о заболеваниях активным туберкулезом (Форма № 8). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85720/c85cca7a9a19bb16bf153c9d541b4d1557c4eef3/?ysclid=m7k9cvpo81262475437 (дата обращения: 05.02.2025).

⁴ Приказ Росстата от 31.12.2010 № 483 (ред. от 27.12.2016) «Об утверждении статистического инструментария для организации Минздрава России федерального статистического наблюдения за деятельностью учреждений системы здравоохранения». Сведения о больных туберкулезом (Форма № 33 (годовая)). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109766/e769e23cecb9a423788443dff5efe74a5d526c4/ (дата обращения: 06.01.2025).

(далее – ф. № 33), № 61 «Сведения о ВИЧ-инфекции»⁵ (далее – ф. № 61), данные Росстата о распределении умерших по полу, отдельным возрастным группам и причинам смерти.

При вычислении индекса DALY как суммы показателей потерянных лет жизни из-за преждевременной смертности (YLL) и лет жизни, прожитых с частичной утратой трудового и социального функционирования (YLD), использовали стандартную формулу, опубликованную Murrey C.J.L. и другими исследователями [11, 22], которая для данной конкретной причины (c – *cause*) в данном возрасте (a – *age*) данного пола (s – *sex*) и в данное время (t – *time*) выглядит следующим образом (формула (1)):

$$DALY(c, s, a, t) = YLL(c, s, a, t) + YLD(c, s, a, t). \quad (1)$$

Индекс YLL по своей сути является произведением числа преждевременных смертей, наступивших в нашем случае от ТБ, и количества недожитых лет в годах в связи с этой смертью, рассчитанного как разность ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) при рождении и возраста смерти для конкретного случая (пол, возраст) в течение определенного времени, определяемое по формуле (2):

$$YLL(c, s, a, t) = N(c, s, a, t) \times L(s, a), \quad (2)$$

где:

N – число умерших от исследуемой причины в соответствии с (c, s, a, t);

L – число лет недожития в годах (разность стандартной ОПЖ при рождении и возраста смерти).

Для вычисления индекса YLL используют более сложную формулу (3), которая применена и в нашем исследовании:

$$YLL = K C e^{ra} / (r + \beta)^2 \times [e^{-(r+\beta)a} \times [1 + (r + \beta) \times a] - e^{-(r+\beta)x(L+a)} \times [1 + (r + \beta \times (L + a))] + 1 - K/r \times (1 - e^{-rL}), \quad (3)$$

где:

a – возраст смерти в годах;

L – количество недожитых лет в годах (разность ОПЖ при рождении и возраста смерти);

r – ставка дисконтирования (3 % или 0,03);

K – возрастная весовая моделирующая константа (равная в среднем 1,0);

β – возрастная весовая категория ($\beta = 0,03$);

C – поправочная возрастная весовая константа ($C = 0,1$);

e – логарифмическая константа = 2,71.

Источником данных о распределении умерших от ТБ по полу и возрасту были данные Росстата. При вычислении L , по сравнению с населением в целом, использовали сведения по ОПЖ при рождении, опубликованные Росстатом⁶. Согласно извлеченным данным, ОПЖ при рождении в России

в 2016 г. для всего населения составила 71,89 г., в т. ч. для мужчин – 66,51, а для женщин – 77,08; в 2023 г. – 73,41 г., 68,04, 78,74 соответственно. В настоящем исследовании разделения для городского и сельского населения не делали, поскольку различия показателей для городских и сельских жителей были сравнительно малыми.

При разработке глобального бремени болезни экспертами [23, 24] были получены значения коэффициентов, определяющих скорость увеличения и снижения ценности года жизни: $C = 0,1658$ и $\beta = 0,04$. В то же время мы согласны с мнением отечественных экспертов [25], которые указывают на то, что различия коэффициентов не должны столь значительно дискриминировать пожилых (которые обычно являются в России носителями ценного и уникального опыта) и избыточно поднимать ценность лиц трудоспособного возраста, поскольку многие пациенты с ТБ трудоспособного возраста не работают [26]. В связи с этим мы выбрали в качестве значений коэффициентов $C = 0,1$ и $\beta = 0,03$, обеспечивающих менее значимое снижение ценности года жизни с возрастом и меньшее нарастание коэффициентов у лиц трудоспособного возраста (изменение коэффициентов C и β проводилось в пределах, рекомендованных Murrey C.J.L. [11]).

Также, беря во внимание то, что формула для расчета индекса YLL может давать отрицательные значения в случае смерти в возрасте, превышающем ОПЖ при рождении, при формировании итоговых показателей суммировали только положительные значения YLL. Кроме того, в исследовании не учитывались пациенты, умершие от ТБ, у которых возраст не был уточнен.

При вычислении индекса YLD был применен инцидентный вариант его расчета, предложенный Всемирной организацией здравоохранения как альтернативный⁷, поскольку для него имелась наиболее полная информация по распределению инцидентных (сумма впервые выявленных случаев и случаев с рецидивом заболевания) больных ТБ по полу и возрасту, полученная из отчетной ф. № 8. Индекс YLD рассчитывался по формуле (4):

$$YLD(c, s, a, t) = I(c, s, a, t) \times DW(c, s, a) \times L(c, s, a, t) \quad (4)$$

где:

$I(c, s, a, t)$ – число инцидентных случаев ТБ для данного возраста, пола и времени;

$DW(c, s, a)$ – вес заболевания для данного возраста и пола, для ТБ без ВИЧ-инфекции = 0,333 при заболевании, при сочетании ТБ и ВИЧ-инфекции (ТБ/ВИЧ) = 0,408;

$L(c, s, a, t)$ – средняя продолжительность случая заболевания, соответственно для (c, s, a, t); в данном

⁵ Приказ Росстата от 30.12.2020 № 863 (ред. от 20.12.2021) «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения, с указаниями по их заполнению для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере охраны здоровья». Сведения о ВИЧ-инфекции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373430/7ee4b13aae5c5c623ea254fbac617b1cc37c4e4c/?ysclid=m7k9rro3x100236922 (дата обращения: 07.01.2025).

⁶ Федеральная служба государственной статистики. Демография. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 07.11.2024); Сведения Росстата по ОПЖ при рождении (https://rosstat.gov.ru/storage/2024/02-29/tQ1QjJBq/Pril_Doklad_09-2024/DEM6.doc

⁷ WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019. Department of Data and Analytics Data, Analytics and Delivery Department for Impact. Geneva: World Health Organization; 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghe2019_daly-methods.pdf (дата обращения: 12.03.2025).

исследовании – до завершения пациентом с ТБ диспансерного наблюдения (см. ниже).

В настоящем исследовании для вычисления индекса YLD продолжительность заболевания определяли как время от начала диспансерного наблюдения за пациентом с ТБ до его завершения ориентировочно по данным ф. № 33, как отношение суммы состоявших на учете на начало отчетного года впервые выявленных лиц с ТБ и случаев рецидива ТБ к сумме умерших и переведенных в III группу диспансерного наблюдения (ГДН) раздельно для взрослых и детей разного возраста. В 2016 году результат составил для взрослых 2,97 г., детей 0–14 лет – 2,40 г., детей 15–17 лет – 3,17 г.; в 2023 г. он составил для взрослых 2,47 г., детей 0–14 лет – 1,94 г., 15–17 лет – 2,33 г.

Поскольку при расчете YLD коэффициент, учитывающий утрату трудового и социального функционирования для случаев ТБ без ВИЧ-инфекции, и ТБ, коморбидного с ВИЧ-инфекцией, различаются (0,333 и 0,408 соответственно) [27], были предприняты усилия для максимально доступного нам разделения случаев ТБ, коморбидного с ВИЧ-инфекцией, и ТБ без ее сочетания. Для этого использовали данные ф. № 61 о числе пациентов с болезнью, вызванной ВИЧ с микобактериальной инфекцией. Потерю трудоспособности пациентов с сочетанием ВИЧ-инфекции и ТБ учитывали с коэффициентом 0,408, а разницу общего числа пациентов с ТБ и пациентами с сочетанием ТБ/ВИЧ учитывали с коэффициентом 0,333.

Так как отдельные возрастные группы распределения пациентов по возрасту в формах № 8 и 33 не совпадали с данными ф. № 61, то пробелы в возрастной группировке данных в ф. № 61 были восполнены путем ориентировочного распределения впервые выявленных пациентов с ТБ с применением метода регрессионного анализа, который позволял пропорционально перераспределить пациентов в имеющихся в ф. № 8 возрастных группах в соответствии с возрастными группами, приведенными в ф. № 61 Росстата. Таким путем были получены данные о числе пациентов с ТБ в группах 55–50 лет, 60–65 лет и старше 65 лет. Следует отметить, что разные способы перераспределения при сохранении общего числа дифференцируемых нами пациентов незначительно влияли на общий показатель YLD, поскольку при выбранных нами значениях коэффициента $\beta = 0,03$ она в данном возрасте изменялась в небольших пределах.

Таким образом, критериями включения в исследование были случаи смерти от ТБ, также впервые выявленные случаи и случаи рецидива ТБ, зарегистрированные в России в течение 2016 и 2023 гг. Критериями исключения были случаи смерти от ТБ без указания возраста умершего.

Половозрастные показатели индексов DALY и его составляющих рассчитывались на 100 тыс. соответствующей половозрастной группы населения за исследуемые периоды (2016 и 2023 гг.). Возраст

считался трудоспособным от 16 до 64 лет среди мужчин и до 59 лет среди женщин; соответственно возраст старше трудоспособного возраста у мужчин начинался с 65 лет, у женщин – с 60 лет^{8,9}.

Статистические расчеты производились с использованием языка R версии 4.3.1, статистическая значимость различий между сравниваемыми переменными оценивалась путем расчета p -value; пороговое значение статистической ошибки первого рода принимали за $p = 0,05$, а наличие самих различий – по z -тесту двух пропорций.

Схема включения полученных сведений из соответствующих форм Росстата для вычисления индексов YLL, YLD и DALY представлена на рис. 1.

Всего были проанализированы сведения о 162 721 случае ТБ: в 2016 г. – 102 027, в 2023 г. – 60 694 случая. Случаи смерти от ТБ составили в 2016 г. 11 300, впервые выявленные случаи и рецидивы ТБ – 90 727, в т. ч. ТБ/ВИЧ – 6549; в 2023 г. – 5028 и 55 666, в т. ч. ТБ/ВИЧ – 12 920 соответственно. Единичные случаи смерти от ТБ с неуточненным возрастом умерших в исследование не вошли. В схеме также приведено число пациентов с ТБ, состоявших на ГДН, выявленных случаев, умерших и излеченных (переведенных в III ГДН) за 2016 и 2023 гг., которые были использованы для расчета L (см. выше).

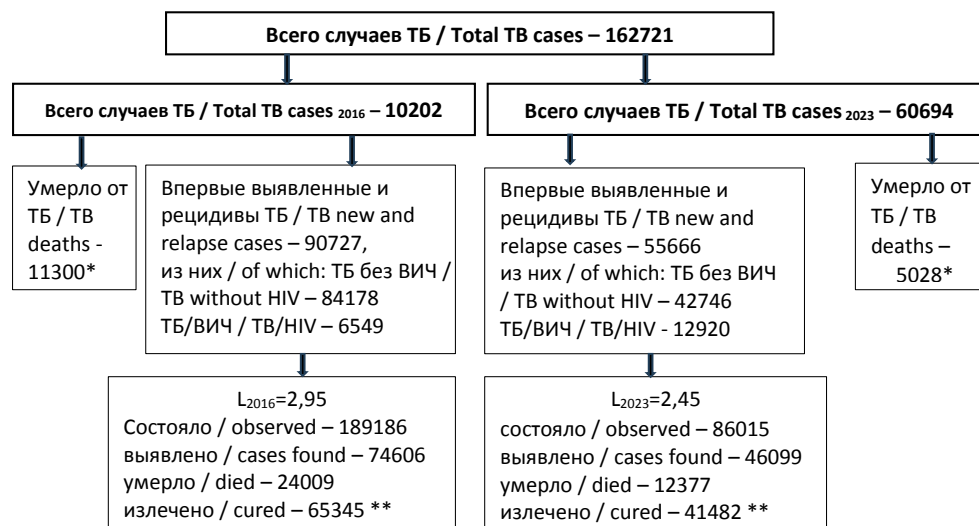
Результаты. За 2016 и 2023 гг. показатели DALY и его структурных частей, отражающие социальную тяжесть ТБ в России, имели выраженное снижение в 2 и более раз как в целом, так и среди мужчин и женщин (рис. 2). Индекс DALY в целом за указанный период снизился в 2,2 раза, YLL – в 2,6 раза, YLD – в 1,8 раза; среди мужчин снижение показателей соответствовало общим данным. Среди женщин уменьшение бремени ТБ было несколько выше, чем среди мужчин, снизившись за 2016 и 2023 гг. по индексу DALY в 2,3 раза, YLL – в 2,7 и YLD – в 1,9 раза.

Риск ОЗ вследствие ТБ был в наибольшей мере обусловлен преждевременной смертностью от ТБ, с превышением индекса YLL над показателем YLD в 2016 г. в целом и среди мужчин почти в 2 раза ($p < 0,002$), среди женщин – в 1,4 раза ($p < 0,046$). В 2023 г. соотношение индексов YLL/YLD по ТБ стало менее выраженным, составив в целом по России 1:1,2, среди мужчин – 1:1,3. Среди женщин это соотношение стало обратным, где индекс YLD незначительно (в 1,03 раза) стал превышать показатель YLL, то есть риск ОЗ от утраты трудового и социального функционирования стал превалировать над риском потерь ОЗ вследствие преждевременной смертности.

Индексы DALY и его составляющих среди мужчин были значительно выше, чем среди женщин: интенсивные показатели DALY, YLL и YLD среди мужчин в 2016 г. превышали аналогичные показатели для женщин в 2,3 раза ($p < 0,001$), а в 2023 г. это превышение усилилось, где превалирование

⁸ Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2024) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/?ysclid=m80fbqv3t3145958864 (дата обращения: 07.12.2024).

⁹ О страховых пенсиях: Федеральный закон от 28.12.2013 № 400-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156525/?ysclid=m80fkm602d413833147 (дата обращения: 07.12.2024).

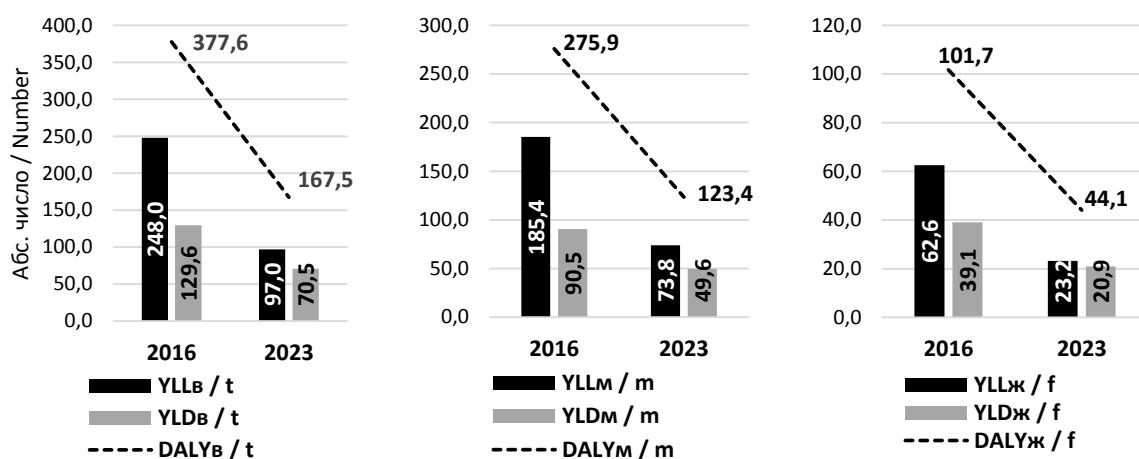


* Исключены случаи с неуточненным возрастом смерти от туберкулеза (2016 г. – 73; 2023 г. – 27) / cases with unspecified age of TB death were excluded (73 in 2016 and 27 in 2023).

** В расчетах использованы отдельные показатели для взрослых и детей (см. выше) / separate indicators for adults and children were used in calculations (see above).

Рис. 1. Дизайн исследования по вычислению индекса DALY, связанного с туберкулезом, в России в 2016 и 2023 гг.

Fig. 1. Study design for estimating DALYs due to tuberculosis in Russia in the years 2016 and 2023



DALY – disability adjusted life years, YLL – years of life lost, YLD – years lost due to disability

Рис. 2. Динамика показателей индексов DALY, YLL, YLD, связанных с туберкулезом, в России в 2016 и 2023 годах в целом, среди мужчин и женщин

Fig. 2. Dynamics of DALY, YLL, and YLD due to tuberculosis in Russia in 2016 and 2023 for the total population, males and females

индекса DALY среди мужчин по отношению к его значению среди женщин составило 2,8 раза, YLL – 3,2 раза ($p < 0,001$), YLD – 2,4 раза.

В половозрастном аспекте потери лет жизни в результате преждевременной смертности от ТБ на 100 тыс. населения в России, выраженные индексом YLL, за 2016 и 2023 гг. снизились среди мужчин в целом в 2,5 раза, среди женщин несколько меньше – в 1,9 раза (рис. 3).

В целом среди мужчин трудоспособного возраста потери ОЗ вследствие преждевременной смертности от ТБ за анализируемый период снизились в 2,4 раза, у женщин этого же возраста несколько выше, чем у мужчин, – в 2,7 раза. Среди женщин старше трудоспособного возраста (60 лет и выше) показатель необратимых потерь снизился в 1,7

раза, а среди мужчин от 65 лет и старше данные по преждевременной смертности от ТБ за 2016 и 2023 гг. отсутствовали из-за ограничений метода.

Потери лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ в 2016 и 2023 гг. в России были наиболее высоки в молодой и средней возрастной группе от 25 до 59 лет как среди мужчин, так и среди женщин. Среди мужчин преждевременная смертность от ТБ в 2016 г. была наиболее высокой в группе возраста 35–54 лет (450,2 и 353,7 на 100 тыс. населения возрастов 35–44 и 45–54 лет соответственно). В 2023 г. среди указанных возрастных групп мужчин потери лет жизни из-за преждевременной смертности от ТБ сохраняли свое лидирующее положение. Среди женщин потери лет жизни от преждевременной смертности в связи

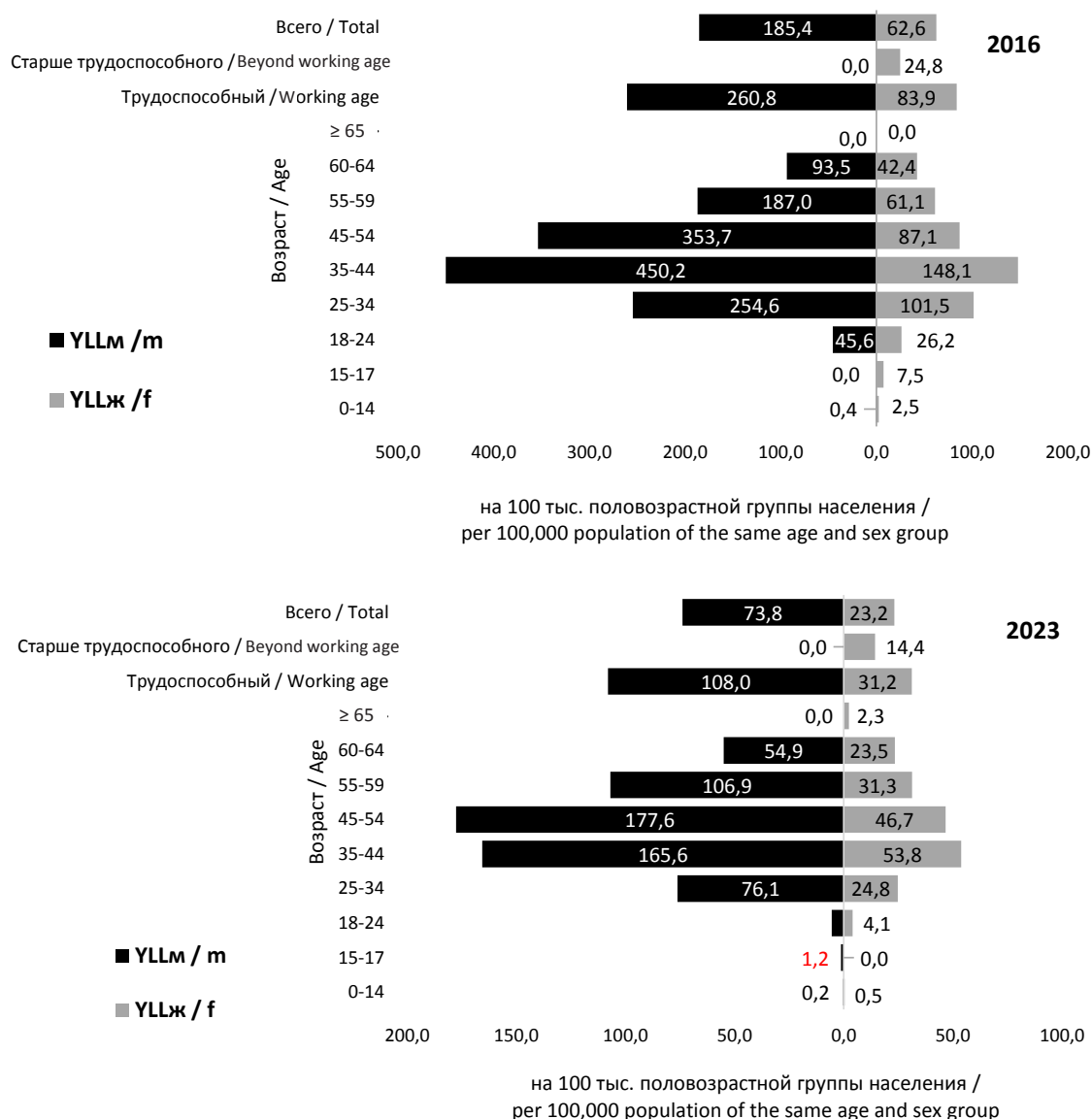


Рис. 3. Динамика потерь лет жизни (YLL) в связи с преждевременной смертностью от туберкулеза в России за 2016 и 2023 гг. (на 100 тыс. половозрастной группы населения)

Fig. 3. Dynamics of the years of life lost (YLL) due to tuberculosis deaths in Russia in 2016 and 2023 (per 100,000 population of the same age and sex group)

с ТБ, как и среди мужчин, были наиболее высокими среди возрастной группы 35–44 лет, составив в 2016 и 2023 гг. 148,1 и 53,8 на 100 тыс. половозрастной группы населения. Показатели YLL за 2016 и 2023 гг. были наименьшими среди детей и подростков от 0 до 17 лет обоего пола; низкими – среди возрастных групп мужчин и женщин 18–24 и 60 лет и старше. В целом среди трудоспособного возраста мужчин и женщин преждевременная смертность от ТБ, несмотря на тенденцию к снижению, оставалась высокой, составив в 2016 г. 260,8 и 83,9, в 2023 г. – 108,0 и 31,2 на 100 тыс. половозрастной группы населения соответственно.

Снижение индекса YLL за анализируемый период как среди мужчин, так и среди женщин наблюдалось во всех возрастных группах, за исключением группы подростков 15–17 лет, среди которых показатель у мальчиков, отсутствовавший в 2016 г., в 2023 г. составил 1,2 на 100 тыс. поло-

возрастной группы населения, а среди девочек, наоборот, показатель, равный в 2016 г. 7,5 на 100 тыс. этой возрастной группы, отсутствовал в 2023 г. Установлено, что снижение индекса YLL за 2016 и 2023 гг. среди мужчин, равно как и среди женщин, несмотря на высокие показатели, было наиболее выраженным среди молодых возрастных групп, особенно в группе 18–24 лет, составив 8,4 раза ($p < 0,001$) у мужчин и 6,5 раза – у женщин, что значительно меньше по отношению к мужчинам этой группы возраста ($p < 0,001$). В группе возраста 25–34 лет, наоборот, снижение потерь лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ у женщин было более ускоренным, чем у мужчин, составив 4,1 против 3,3 раза. Среди возрастной группы 35–44 лет снижение преждевременной смертности от ТБ у мужчин и женщин было почти равным: 2,7 и 2,8 раза соответственно. Далее, среди мужчин и в равной степени среди женщин, начиная с 45 до 64 лет, за

анализируемый период наблюдается замедление снижения индекса YLL. Это снижение составило от 1,7 раза среди мужчин возраста 55–64 лет до 2,0 раза среди группы возраста 45–54 лет, а среди женщин – от 1,8 раза в группе возраста 60–64 года также до 2,0 раза в возрастной группе 55–59 лет. Среди детей возраста от 0 до 14 лет снижение преждевременной смертности от ТБ было более выраженным у девочек, чем у мальчиков, составив 5,4 против 1,9 раза ($p < 0,002$).

Во всех возрастных группах, за исключением тех групп, где индекс YLL отсутствовал в 2016 или в 2023 гг. (см. выше), также среди детей и подростков 0–17 лет, преждевременная смертность от ТБ на 100 тыс. населения в России за анализируемый период преобладала среди мужского населения. В целом это преобладание в 2016 г. составило 3,0 раза, оно особенно было выражено среди группы возраста 45–54 лет, составив 4,1 раза ($p < 0,001$). В других возрастных группах в 2016 г. преобладание индекса YLL среди мужчин над схожим показателем среди женщин варьировало от 1,7 у группы возраста 18–24 лет до 3,1 раза среди возрастной группы 55–59 лет, равно как и среди всей группы трудоспособного возраста (3,1 раза). Необходимо отметить, что в 2016 г. потери лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ среди девочек 0–14 лет были выше в 6,3 раза, чем у мальчиков этого же возраста. Кроме того, среди подростков 15–17 лет преждевременная смертность от ТБ была отмечена только у девочек, составив 7,5 на 100 тыс. половозрастной группы, как и в группе старше трудоспособного возраста, где преждевременная смертность от ТБ была отмечена только среди женщин, составившая 24,8 на 100 тыс. соответствующего возрастного населения.

В 2023 г., как и в 2016 г., преобладание индекса YLL среди мужчин над схожим показателем среди женщин было наиболее выражено среди возрастной группы 45–54 лет и составило 3,8 раза ($p < 0,003$). В других возрастных группах преобладание преждевременной смертности от ТБ среди мужчин над аналогичным показателем среди женщин колебалось от 0,0 среди подростков 15–17 лет до 3,4 среди возрастной группы 55–59 лет. Равно как и в 2016 г., потери лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ были выше у девочек 0–14 лет, чем у мальчиков этого же возраста (в 2,5 раза); у группы старше трудоспособного возраста такие потери были отмечены только среди женщин, составив 14,4 на 100 тыс. соответствующей возрастной группы населения. Среди группы возраста от 65 лет и старше индекс YLL в 2023 г. был зарегистрирован также лишь у женщин. В целом преобладание преждевременной смертности от ТБ на 100 тыс. населения в 2023 г. среди мужчин по отношению к аналогичным показателям среди женщин составило 3,2 раза ($p < 0,003$).

Потери лет трудового и социального функционирования (YLD), обусловленные ТБ, в России за 2016 и 2023 гг. также снижались, но более медленно, чем потери лет жизни от преждевременной смертности от ТБ (рис. 4). В целом среди мужчин индекс YLD за

анализируемый период снизился в 1,8 раза, среди женщин – в 1,9 раза; у мужчин трудоспособного возраста – 1,7 раза, у женщин трудоспособного возраста несколько больше – 1,9 раза. У мужчин и женщин группы старше трудоспособного возраста индекс YLD за 2016 и 2023 гг. снизился в равной степени – в 1,5 раза.

Наибольшие потери лет трудового и социального функционирования, связанные с ТБ, в 2016 и 2023 гг. в России были отмечены, как и потери лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ, среди мужчин и женщин молодого и среднего возраста от 25 до 59 лет. Среди мужчин потери лет трудового и социального функционирования в связи с ТБ в 2016 г. были наиболее выражены в возрастной группе 35–44 лет, составив 211,9 на 100 тыс. половозрастной группы населения, с сохранением такой ситуации к 2023 г. (116,5). Среди женщин индекс YLD, в отличие от мужчин, в 2016 г. был смещен в сторону более молодой возрастной группы (25–34 лет), составив 83,3 на 100 тыс. половозрастной группы населения, а в 2023 г., как и среди мужчин, показатель был наиболее высоким среди возрастной группы 35–44 лет (41,3). Наименьшие потери лет трудового и социального функционирования, как и потери лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ, были зарегистрированы у детей и подростков возраста от 0 до 17 лет как среди мальчиков, так и среди девочек. Индекс YLD был низким среди мужчин и женщин возрастов 18–24 лет и 60 лет и старше, равно как и показатель YLL. Несмотря на общее снижение индекса YLD в связи с ТБ в России за 2016 и 2023 гг., индекс YLD среди мужчин и женщин трудоспособного возраста оставался высоким, составив в 2016 г. 144,1 и 56,2, а в 2023 г. – 82,5 и 30,3 на 100 тыс. половозрастной группы населения соответственно.

В России индекс YLD в связи с ТБ имел схожую динамику с индексом YLL от него, снизившись за 2016 и 2023 гг. во всех возрастных группах мужчин и женщин. Это снижение особенно было выражено среди групп возраста от 18 до 34 лет как среди мужчин, так и среди женщин; также среди мальчиков и девочек 15–17 лет, составив 2,5 и 2,6 раза ($p < 0,003$) соответственно. Наибольшее уменьшение YLD из-за ТБ среди мужчин и женщин отмечено у возрастной группы 18–24 лет, которое составило 2,9 и 2,8 раза соответственно ($p < 0,002$). Среди детей от 0 до 14 лет индекс YLD также снизился существенно: в 2,1 и 1,9 раза среди мальчиков и девочек соответственно. Начиная с группы возрастов от 35 лет и старше, снижение показателя YLD замедляется, став наименьшим в возрастной группе 55–59 лет среди мужчин и женщин (1,1 и 0,9 раза соответственно).

Индекс YLD, обусловленный ТБ, в России за исследуемый период преобладал среди мужчин по отношению к женщинам во всех возрастных группах, за исключением подростков 15–17 лет и лиц старше трудоспособного возраста: показатель YLD у девочек в 2016 и 2023 гг. незначительно (в 1,1 раза) превышал схожий у мальчиков; среди женщин старше трудоспособного возраста

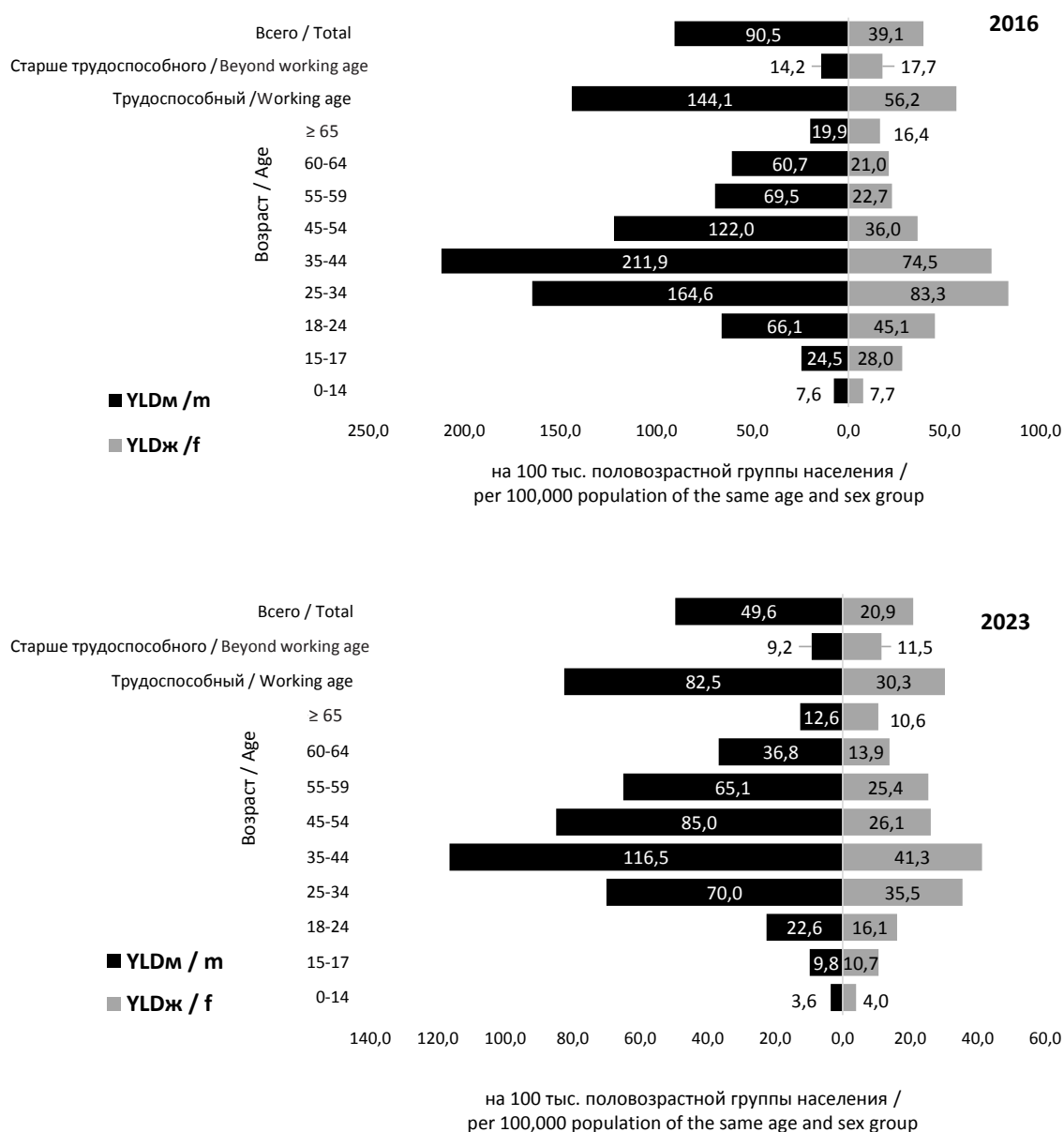


Рис. 4. Динамика потерь лет трудового и социального функционирования в связи с туберкулезом в России за 2016 и 2023 гг. (на 100 тыс. половозрастной группы населения)

Fig. 4. Dynamics of the years of work and social functioning lost due to tuberculosis in Russia in 2016 and 2023 (per 100,000 population of the same age and sex group)

индекс YLD превышал аналогичный показатель для мужчин этой возрастной группы в 2016 г. в 1,2 раза, в 2023 г. – в 1,3 раза. В целом превышение индекса YLD в результате ТБ, у мужчин по отношению к женщинам было наиболее выражено в возрастных группах от 35 до 59 лет, особенно среди группы возраста 45–54 и 55–59 лет, составив 3,4 и 3,3 раза; 3,1 и 2,6 раза в 2016 и 2023 гг. соответственно. В возрастной группе от 35 до 44 лет индекс YLD среди мужчин превышал показатель у женщин в 2,8 раза без изменений в 2016 и 2023 гг., среди возрастной группы 60–64 года, это превышение составило в 2,9 и 2,6 раза в 2016 и 2023 гг. соответственно. В возрастной группе 18–24 года разница индекса YLD за 2016 и 2023 гг. оставалась стабильной, с превалированием его у мужчин в 2 раза над показателем у женщин. Преобладание

индекса YLD у мужчин по сравнению с женщинами было наименее выражено и стабильно за анализируемый период в возрастных группах 65 лет и старше (1,2 раза), также в группе возраста 18–24 лет (1,4 и 1,5 раза в 2016 и 2023 гг. соответственно). Среди детей возраста от 0 до 14 лет индекс YLD в 2016 г. не имел существенной разницы между мальчиками и девочками, а в 2023 г. он был незначительно (в 1,1 раза) выше у девочек, чем у мальчиков.

Обсуждение. Представленное исследование является одним из первых в нашей стране по комплексной оценке риска ТБ для ОЗ в России в целом методом полного расчета потерянных лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ с поправкой на потерю лет здоровой жизни в результате частичной утраты трудового и социального функционирования (DALY). Подобное

исследование нами было проведено по Республике Северная Осетия – Алания с оценкой индекса DALY и его составляющих за 2018 и 2022 гг. [28]. В других схожих по теме отечественных публикациях индекс DALY оценивается без вычисления его второго составляющего – индекса YLD [14, 15]. Отсутствие оценки индекса YLD в изученных публикациях прежде всего связано с низкой доступностью сведений по преваленсу различных патологий в половозрастном разрезе, в нашем случае по ТБ. Для вычисления показателя YLD предлагаются различные методы, включая инцидентные и превалентные подходы [29]. В настоящей публикации индекс YLD был вычислен по инцидентному методу, где сложность в расчетах, составившая возможное ограничение исследования, состояла в определении продолжительности заболевания, которое нами было вычислено по данным движения пациентов с ТБ, состоявших на диспансерном учете: перевода их в III ГДН в связи с излечением и смертью, наступившей от любой причины в течение отчетного года (2016 и 2023 гг.). Такой методологический подход не противоречит самому определению индекса YLD как показателя снижения качества социальной жизни и трудоспособности пациента в период течения того или иного заболевания [22] и соответствует методам исследования оценки DALY, использованным другими отечественными учеными по иным заболеваниям [25]. Также полученные результаты нашего исследования не противоречат общим тенденциям развития эпидемического процесса ТБ в мире и России со снижением его показателей, особенно в нашей стране [8, 9, 30]. Однако в отличие от оценки эпидемической ситуации по традиционным показателям в представленном исследовании четко прослеживается, что основной социальный груз ТБ в России обусловлен преждевременной смертностью (YLL) от ТБ, которая снижается и более ускоренно, чем показатель потерь трудового и социального функционирования (YLD) в связи с ТБ. При этом отмечается явная тенденция к уменьшению разрыва между индексами YLL и YLD; а среди женщин к 2023 г. YLD начинают преобладать над YLL.

Другим преимуществом данного исследования является включение в расчет коэффициента сочетания ТБ и ВИЧ-инфекции при анализе индекса DALY в целом и его компонента YLD, что приближает оценку тяжести социального груза ТБ, как и при любых коморбидных состояниях, к реальным показателям [27, 31].

В результатах нашего исследования преобладание бремени ТБ среди группы трудоспособного возраста и преимущественно среди мужчин отмечается во всех близких по теме научных статьях как в мире, так и в России [5–9]. Дополнительно к этим данным в нашем исследовании установлено, что бремя ТБ среди женского населения в России снижается быстрее, чем среди мужской популяции. Также выявлено, что как среди мужчин, так и среди женщин снижение индекса YLL начинает замедляться с 45 лет и старше, а уменьшение индекса YLD – еще раньше (с 35 лет и старше), что косвенно свидетельствует о процессе накопления и смещении

социального груза ТБ к более старшим возрастным группам [32]. С другой стороны, настораживает более медленное снижение потерь лет жизни, обусловленных преждевременной смертностью от ТБ, у женщин молодого возраста 18–24 лет, чем у мужчин этой же возрастной группы. Также настораживает сохранение преждевременной смертности от ТБ среди детей от 0 до 14 лет с преобладанием показателя у девочек над схожим у мальчиков и более медленное уменьшение показателя у последних по сравнению с девочками. Отсутствие за исследуемый период потерь лет жизни в связи с преждевременной смертностью от ТБ среди мужчин старше трудоспособного возраста (65 лет и выше), в отличие от женщин, можно объяснить низкой ОПЖ при рождении у мужчин в России, которая составила в 2016 г. 66,51, а в 2023 г. – 68,04 года. В то же время смертность от ТБ наступает в случае тяжелого и осложненного его течения и пациент (мужчина) с такой формой ТБ не доживает до своего пенсионного возраста. У женщин пенсионный возраст наступает раньше, чем у мужчин (в 60 лет), к тому же ОПЖ при рождении у женщин в России выше, чем у мужчин, составивший в 2016 г. 77,08, в 2023 г. – 78,74 года.

Полагаем, что в настоящем исследовании оценка риска заболевания и смерти от ТБ среди населения России в половозрастном разрезе проводится впервые. Мы не обнаружили подобных отечественных исследований в доступных поисковых системах научных публикаций. В зарубежных публикациях, по данным датских исследователей, выживаемость пациентов с ТБ была достоверно ниже, чем в стратифицированной по полу и возрасту контрольной группе без ТБ; также риск смерти от ТБ был выше у датчан старших возрастных групп (старше 50 лет) с высокой коморбидностью нежели у мигрантов с ТБ, которые были значительно моложе местного населения [20]. В нашем исследовании вычисленный риск заболевания и смерти от ТБ населения России подтвердил преобладание жизненных и трудовых потерь ОЗ, вызванных ТБ, среди мужчин, особенно в возрастных группах от 35 лет и старше; показал позитивную тенденцию в снижении бремени ТБ в стране за 2016 и 2023 гг. Преобладание риска заболевания и смерти от ТБ среди женщин возраста от 0 до 17 лет (читай: 12–17 лет) над показателями мужчин этого же возраста, по нашему мнению, может быть связано с более ранним половым созреванием девочек-подростков, чем мальчиков; пубертатный возраст девочек-подростков с бурными изменениями гормонального фона может являться одним из факторов риска развития ТБ.

Результаты изучения динамики интенсивных показателей iDALY, iYLL и iYLD позволяют проводить краткосрочный расчет ожидаемых рисков общественному здоровью, а изучение темпов снижения iYLL и iYLD позволяют выявить отставание процессов снижения ущерба от заболевания (на которые влияет заболеваемость и продолжительность болезни у пациента) по сравнению с темпами снижения ущерба от преждевременной смертности. Следовательно, необходимо отдавать приоритет мероприятиям по

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-16-28>
Original Research Article

профилактике туберкулеза в ключевых возрастных группах и повышению результативности лечения, в том числе с сокращением его продолжительности. Это в значительной мере согласуется с поручением министра здравоохранения¹⁰.

Заключение. Основные потери общественного здоровья в связи с туберкулезом в России обусловлены преждевременной смертностью от него преимущественно среди населения молодого и среднего возраста от 25 до 59 лет с преобладанием показателя среди мужчин, особенно среди лиц возраста 35–44 лет, составившего 450,2 и 165,6 на 100 тыс. половозрастной группы мужского населения в 2016 и 2023 гг. соответственно. Одновременно наблюдается значимое снижение социального груза туберкулеза, преимущественно вызванное ускоренным снижением жизненных потерь: индекс YLL за 2016 и 2023 гг. уменьшился в целом и среди мужчин в 2,6 раза, среди женщин – в 2,7 раза, против показателей замедленного снижения индекса YLD в 1,8 и 1,9 раза соответственно. Эти различия в снижении показателей жизненных и трудовых потерь в связи с ТБ приводят к уменьшению разрыва между ними, а среди женщин к 2023 г. индексы YLL и YLD почти уравнились с незначительным превышением второго над первым. Тем не менее настораживает замедление снижения индекса YLD и YLL, начиная с возрастных групп 35 и 45 лет и старше соответственно, свидетельствуя о накоплении и смещении социального груза туберкулеза в сторону более старшей возрастной группы. Обращает на себя внимание существенное отставание темпа снижения индексов YLD от YLL. Полученные результаты исследования необходимо учитывать при разработке целевых программ по борьбе с туберкулезом в стране, усилив противотуберкулезные меры в уязвимых возрастных группах населения: среди детей и группы возраста 45 лет и старше, где снижение бремени туберкулеза начинает замедляться по показателям DALY, особенно по индексу YLL.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д. Методические подходы к измерению общественного здоровья как медико-социального ресурса и потенциала общества // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 11. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
- Аксенова Е.И., Гречушкина Н.А., Каменева Т.Н., Камынина Н.Н. Общественное здоровье: эволюция понятия в стратегических документах охраны здоровья и развития здравоохранения в странах мира. М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021. 43 с.
- Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д., Ротов В.М. Методический подход к составлению классификатора вызовов общественному здоровью // *Здоровье населения и среда обитания*. 2024. Т. 32. № 2. С. 7–17. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-2-7-17
- Алешкова И.А. Принцип своевременного реагирования на возникающие биологические угрозы как гарантия биологической безопасности: теоретико-правовой подход // *Вестник Российской правовой академии*. 2023. № 4. С. 154–163. doi: 10.33874/2072-9936-2023-0-4-154-163
- Нечаева О.Б. Социально значимые инфекционные заболевания, представляющие биологическую угрозу населению России // *Туберкулез и болезни легких*. 2019. Т. 97. № 11. С. 7–17. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-11-7-17
- Yablonskii PK, Vizel AA, Galkin VB, Shulgina MV. Tuberculosis in Russia. Its history and its status today. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(4):372-376. doi: 10.1164/rccm.201305-0926OE
- Tobin EH, Tristram D. *Tuberculosis Overview*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publ.; 2025.
- Васильева И.А., Тестов В.В., Стерликов С.А., Елисеев П.И., Гусева В.А., Кузнецов Е.О., Самойлова А.Г. Сравнительный анализ результатов тестирования лекарственной чувствительности *M. tuberculosis* среди случаев туберкулеза в России в 2023–2024 гг. // *Туберкулез и болезни легких*. 2025. Т. 103. № 5. С. 8–14. doi: 10.58838/2075-1230-2025-103-5-8-14
- Васильева И.А., Белиловский Е.М., Борисов С.Е., Стерликов С.А., Сеницын М.В. Туберкулез, сочетанный с ВИЧ-инфекцией, в странах мира и в Российской Федерации // *Туберкулез и болезни легких*. 2017. № 9. С. 8–18. doi: 10.21292/2075-1230-2017-95-9-8-18
- Spencer A, Rivero-Arias O, Wong R, et al. The QALY at 50: One story many voices. *Soc Sci Med*. 2022;296:114653. doi: 10.1016/j.socscimed.2021.114653
- Murray CJ. Quantifying the burden of disease: The technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):429-445.
- Павлова С.С., Корнеев А.А., Дворянчиков В.В., Рязанцев С.В., Рязанцева Е.С., Донская О.С. Оценка потерь здоровья населения в результате назальной обструкции на основе концепции глобального бремени болезни: общие подходы и направления исследований // *Медицинский совет*. 2021. № 12. С. 138–145. doi: 10.21518/2079-701X-2021-12-138-145
- Тулеников А.М. Показатель DALY как комплексная оценка состояния здоровья лиц, содержащихся в местах лишения свободы Приволжского Федерального округа // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2017. Т. 54. № 2. С. 8. doi: 10.21045/2071-5021-2017-54-2-8
- Блох А.И., Пасечник О.А. Бремя болезни и утраченный жизненный потенциал населения вследствие ВИЧ-инфекции // *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии*. 2017. Т. 9. № 3. С. 91–97. doi: 10.22328/2077-9828-2017-9-3-91-97
- Кобякова О.С., Деев И.А., Куликов Е.С., Милькевич Е.Н., Бойков В.А., Шибалков И.П., Несветайло Н.Я., Таранов А.А., Голубева А.А., Барановская С.В., Сон И.М., Недоспасова О.П. Применение индекса DALY для оценки состояния здоровья населения. Томск: СибГМУ, 2020. 100 с.
- Керимбай Б.С., Мурат М.С., Маулетова С.Д., Шорман С. Оценка бремени сифилиса с использованием лет жизни с поправкой на инвалидность (DALY) в Казахстане // *Фармация Казахстана*. 2023. Т. 246. № 1. С. 139–142. doi: 10.53511/PHARMKAZ.2023.57.17.020
- Che B, Zheng X, Chen B, Lu Y, Zhang Y, Xu B. The temporal trend of tuberculosis burden in an aging population in China: A secondary data analysis from the GBD 2019. *BMC Pulm Med*. 2024;24(1):476. doi: 10.1186/s12890-024-03293-2
- Plata-Casas L, Gutierrez-Lesmes O, Cala-Vitery F. Tuberculosis disability adjusted life years, Colombia 2010–2018. *Trop Med Infect Dis*. 2022;7(9):250. doi: 10.3390/tropicalmed7090250

¹⁰ Поручение Министра здравоохранения Российской Федерации № 19 от 07.02.2023.

19. Choi H, Han K, Jung JH, *et al.* Long-term mortality of tuberculosis survivors in Korea: A population-based longitudinal study. *Clin Infect Dis.* 2023;76(3):e973-e981. doi: 10.1093/cid/ciac411
20. Nordholm AC, Andersen AB, Wejse C, *et al.* Mortality, risk factors, and causes of death among people with tuberculosis in Denmark, 1990–2018. *Int J Infect Dis.* 2023;130:76–82. doi: 10.1016/j.ijid.2023.02.024
21. Быков В.Р., Талыкова Л.В., Михалёва В.С. Риск развития болезней системы кровообращения у работников открытого рудника Северо-Западной фосфорной компании в условиях Арктики // Экология человека. 2017. № 11. С. 29–33.
22. Kim YE, Jung YS, Ock M, Yoon SJ. DALY estimation approaches: Understanding and using the incidence-based approach and the prevalence-based approach. *J Prev Med Public Health.* 2022;55(1):10–18. doi: 10.3961/jpmph.21.597
23. Murray CJ, Lopez AD. Estimating causes of death: New methods and global and regional applications for 1990. In: *The Global Burden of Disease. Vol. 1 of Global Burden of Disease and Injury Series.* Cambridge, MA: Harvard University Press; 1996:117–200.
24. Yoon SJ, Go DS, Park H, Jo MW, Oh IH, Kim YE. The Korean National Burden of Disease study: From evidence to policy. *J Korean Med Sci.* 2018;34(Suppl 1):e89. doi: 10.3346/jkms.2019.34.e89
25. Сабгайда Т.П., Протасова Н.П., Артюхов И.П. Адаптация расчета DALY для анализа потерь здоровья населения вследствие сердечно-сосудистых болезней, не приводящих к смертельному исходу // Социальные аспекты здоровья населения. 2015. № 1. С. 41.
26. Аллаярова Э.Р., Комендантова Ю.С., Романенко Р.А., Тазиева И.И. Туберкулез как медико-социальная проблема России и Оренбургской области. Система мероприятий по борьбе с туберкулезом // Молодой ученый. 2025. Т. 554. № 3. С. 223–229.
27. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet.* 2024;403(10440):2133–2161. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00757-8
28. Загдын З.М., Кобесов Н.В., Пагиева М.К., Васильев М.Д., Галоян А.С. Половозрастные особенности потерь жизненного потенциала с поправкой на инвалидность (DALYs) при туберкулезе в регионе с высокой плотностью населения: когортное ретроспективное исследование // Кубанский научный медицинский вестник. 2024. Т. 31. № 2. С. 27–40. doi: 10.25207/1608-6228-2024-31-2-27-40
29. Kim YE, Jung YS, Ock M, Yoon SJ. DALY estimation approaches: Understanding and using the incidence-based approach and the prevalence-based approach. *J Prev Med Public Health.* 2022;55(1):10–18. doi: 10.3961/jpmph.21.597
30. Bagchi S. WHO's Global Tuberculosis Report 2022. *Lancet Microbe.* 2023;4(1):e20. doi: 10.1016/S2666-5247(22)00359-7
31. McDonald SA, Haagsma JA, Cassini A, Devleeschauwer B. Adjusting for comorbidity in incidence-based DALY calculations: An individual-based modeling approach. *BMC Med Res Methodol.* 2020;20(1):100. doi: 10.1186/s12874-020-00987-z
32. Стерликов С.А., Михайлова Ю.В., Голубев Н.А., Громов А.В., Кудрина В.Г., Михайлов А.Ю. Смертность от основных и паразитарных заболеваний: болезни, вызванной ВИЧ,

туберкулеза и парентеральных вирусных гепатитов в Российской Федерации и ее динамика в 2015–2020 гг. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2022. № 3. С. 40–65. doi: 10.24412/2312-2935-2022-3-40-65

REFERENCES

1. Vasilieva TP, Larionov AV, Russkikh SV, Zudin AB, Vasunina AE, Vasiliev MD. Methodological approaches to measuring public health as the sociomedical resource and potential of the society. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(11):7–15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
2. Aksenova EI, Grechushkina NA, Kameneva TN, Kamynina NN. [Public Health: Evolution of the Concept in Strategic Documents on Health Protection and Healthcare Development in the Countries of the World.] Moscow: GBU "NII OZMM DZM"; 2021. (In Russ.)
3. Zudin AB, Chapin VO. [Global challenges for the Russian healthcare.] *Byulleten' Natsional'nogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Obshchestvennogo Zdorov'ya im. N.A. Semashko.* 2016;(5):41–46. (In Russ.)
4. Onishchenko GG, Popova AYU, Toporkov VP, Smolensky VYu, Shcherbakova SA, Kuttyrev VV. Present-day menaces and challenges in the sphere of biological safety and strategy of countermeasures. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2015;(3):5–9. (In Russ.)
5. Nechaeva OB. Socially important infectious diseases posing a biological threat to the population of Russia. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh.* 2019;97(11):7–17. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-11-7-17
6. Yablonskii PK, Vizel AA, Galkin VB, Shulgina MV. Tuberculosis in Russia. Its history and its status today. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015;191(4):372–376. doi: 10.1164/rccm.201305-0926OE
7. Tobin EH, Tristram D. *Tuberculosis Overview.* In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publ.; 2025.
8. Vasilyeva IA, Testov VV, Sterlikov SA, *et al.* Comparative analysis of *M. tuberculosis* drug susceptibility test results among tuberculosis cases in Russia from 2023 to 2024. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh.* 2025;103(5):8–14 (In Russ.) doi: 10.58838/2075-1230-2025-103-5-8-14
9. Vasilyeva IA, Belilovsky EM, Borisov SE, Sterlikov SA, Sinitsyn MV. Tuberculosis with concurrent HIV infection in the Russian Federation and the world. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh.* 2017;95(9):8–18. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2017-95-9-8-18
10. Spencer A, Rivero-Arias O, Wong R, *et al.* The QALY at 50: One story many voices. *Soc Sci Med.* 2022;296:114653. doi: 10.1016/j.socscimed.2021.114653
11. Murray CJ. Quantifying the burden of disease: The technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organ.* 1994;72(3):429–445.
12. Pavlova SS, Korneenkov AA, Dvorianchikov VV, Ryazantsev SV, Ryazantseva ES, Donskaya OS. Assessment of population health losses due to nasal obstruction based on the concept of the global burden of disease: General approaches and research directions. *Meditsinskiy Sovet.* 2021;(12):138–145. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2021-12-138-145
13. Tulenkov AM. DALY as a comprehensive assessment of health status of prisoners in the Volga Federal District. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya.* 2017;(2(54)):8. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2017-54-2-8
14. Blokh AI, Pasechnik OA. The burden of disease and potential life loss due to HIV infection. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2017;9(3):91–97. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2017-9-3-91-97

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-16-28>

Original Research Article

15. Kobayakova OS, Deev IA, Kulikov ES, et al. [Application of DALY to Assess the Health Status of the Population.] Toms: SibSMU; 2020. (In Russ.)
16. Kerimbay BS, Murat MS, Mauletova SD, Shorman S. Estimation of the burden of syphilis using disability adjusted life years (DALY) in Kazakhstan. *Pharmacy of Kazakhstan*. 2023;(1(246)):139-142. (In Russ.) doi: 10.53511/pharmkaz.2023.57.17.020
17. Che B, Zheng X, Chen B, Lu Y, Zhang Y, Xu B. The temporal trend of tuberculosis burden in an aging population in China: A secondary data analysis from the GBD 2019. *BMC Pulm Med*. 2024;24(1):476. doi: 10.1186/s12890-024-03293-2
18. Plata-Casas L, Gutierrez-Lesmes O, Cala-Vitery F. Tuberculosis disability adjusted life years, Colombia 2010–2018. *Trop Med Infect Dis*. 2022;7(9):250. doi: 10.3390/tropicalmed7090250
19. Choi H, Han K, Jung JH, et al. Long-term mortality of tuberculosis survivors in Korea: A population-based longitudinal study. *Clin Infect Dis*. 2023;76(3):e973-e981. doi: 10.1093/cid/ciac411
20. Nordholm AC, Andersen AB, Wejse C, et al. Mortality, risk factors, and causes of death among people with tuberculosis in Denmark, 1990–2018. *Int J Infect Dis*. 2023;130:76-82. doi: 10.1016/j.ijid.2023.02.024
21. Bykov VR, Talykova LV, Mikhaleva VS. Risk of circulatory diseases development among the open-pit mine workers in the North-Western phosphorous company in the Arctic. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2017;(11):29-33. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-11-29-33
22. Kim YE, Jung YS, Ock M, Yoon SJ. DALY estimation approaches: Understanding and using the incidence-based approach and the prevalence-based approach. *J Prev Med Public Health*. 2022;55(1):10-18. doi: 10.3961/jpmph.21.597
23. Murray CJ, Lopez AD. Estimating causes of death: New methods and global and regional applications for 1990. In: *The Global Burden of Disease. Vol. 1 of Global Burden of Disease and Injury Series*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1996:117-200.
24. Yoon SJ, Go DS, Park H, Jo MW, Oh IH, Kim YE. The Korean National Burden of Disease study: From evidence to policy. *J Korean Med Sci*. 2018;34(Suppl 1):e89. doi: 10.3346/jkms.2019.34.e89
25. Sabgayda TP, Protasova NP, Artuchov IP. Adapting DALY calculation for analysis of health loss due to nonfatal cardiovascular diseases. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2015;(1):41. (In Russ.)
26. Allayarova ER, Komendantova YuS, Romanenko RA, Tazieva II. [Tuberculosis as a sociomedical problem of Russia and the Orenburg Region. System of measures to control tuberculosis.] *Molodoy Uchenyy*. 2025;3(554):223-229. (In Russ.)
27. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2024;403(10440):2133-2161. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00757-8
28. Zagdyn ZM, Kobesov NV, Pagieva MK, Vasiliev MD, Galoyan AS. Gender-age peculiarities of disability-adjusted life years (DALYs) in tuberculosis in a high-density region: A retrospective cohort study. *Kubanskiy Nauchnyy Meditsinskiy Vestnik*. 2024;31(2):27-40. (In Russ.) doi: 10.25207/1608-6228-2024-31-2-27-40
29. Kim YE, Jung YS, Ock M, Yoon SJ. DALY estimation approaches: Understanding and using the incidence-based approach and the prevalence-based approach. *J Prev Med Public Health*. 2022;55(1):10-18. doi: 10.3961/jpmph.21.597
30. Bagcchi S. WHO's Global Tuberculosis Report 2022. *Lancet Microbe*. 2023;4(1):e20. doi: 10.1016/S2666-5247(22)00359-7
31. McDonald SA, Haagsma JA, Cassini A, Devleesschauwer B. Adjusting for comorbidity in incidence-based DALY calculations: An individual-based modeling approach. *BMC Med Res Methodol*. 2020;20(1):100. doi: 10.1186/s12874-020-00987-z
32. Sterlikov SA, Mikhaylova YuV, Golubev NA, Gromov AV, Kudrina VG, Mikhaylov AYU. Mortality from major infectious and parasitic diseases: Diseases caused by HIV, tuberculosis and parenteral viral hepatitis in the Russian Federation and its dynamics in 2015–2020. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoj Statistiki*. 2022;(3):40-65. (In Russ.) doi: 10.24412/2312-2935-2022-3-40-65

Сведения об авторах:

✉ **Загдын** Зинаида Моисеевна – д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения, главный научный сотрудник ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: dinmetyan@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1149-5400>.

Стерликов Сергей Александрович – д.м.н., главный научный сотрудник отдела общественного здоровья и демографии ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения»; e-mail: sterlikov@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8173-8055>.

Кобесов Николай Викторович – к.м.н., главный врач ГБУЗ «Республиканский клинический центр фтизиопульмонологии» МЗ РСО-Алания; e-mail: kobesovn@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9833-5700>.

Васильева Татьяна Павловна – д.м.н., заслуженный врач Российской Федерации, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: vasileva_tp@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1783>.

Михайлова Юлия Васильевна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник – руководитель проектов отдела общественного здоровья и демографии ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения»; e-mail: mikhaylova@mednet.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6779-726X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных: Загдын З.М., Стерликов С.А., Кобесов Н.В.; анализ и интерпретация результатов, подготовка проекта рукописи: Загдын З.М., Стерликов С.А., Кобесов Н.В., Васильева Т.П., Михайлова Ю.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: одобрение локального этического комитета для данного вида исследований не требуется.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 21.09.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

✉ Zinaida M. **Zagdyn**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Public Health and Healthcare, Chief Researcher, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: dinmetyan@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1149-5400>.

Sergey A. **Sterlikov**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Department of Public Health and Demography, Russian Research Institute of Health; e-mail: sterlikov@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8173-8055>.

Nikolai V. **Kobesov**, Cand. Sci. (Med.), Head Doctor, North Ossetia–Alania Republican Clinical Center of Phthisiopulmonology; e-mail: kobesov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9833-5700>.

Tatyana P. **Vasilyeva**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Honored Doctor of the Russian Federation, Chief Researcher, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: vasileva_tp@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4831-1783>.

Yulia V. **Mikhailova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher – Project Manager, Department of Public Health and Demography, Russian Research Institute of Health; e-mail: mikhaylova@mednet.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6779-726X>.

Author contributions: study conception and design, data collection and processing: *Zagdyn Z.M., Sterlikov S.A., Kobesov N.V.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Zagdyn Z.M., Sterlikov S.A., Kobesov N.V., Vasilyeva T.P., Mikhailova Yu.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 21, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Отношение женщин к контрацепции в зависимости от abortного анамнеза

Э.А. Мордовский¹, О.В. Куделина², О.А. Игнатова¹, А.Л. Санников¹, А.В. Хромова¹

¹ ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, пр. Троицкий, д. 51, г. Архангельск, 163000, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Московский тракт, д. 2, г. Томск, 634050, Российская Федерация

Резюме

Введение. Кризис рождаемости населения большинства регионов Российской Федерации актуализирует задачу оценки контрацептивного поведения, отношения граждан к контрацепции и поиска эффективных средств их коррекции. **Цель исследования:** установить факторы, ассоциированные с отношением к контрацепции женщин, проживающих в Архангельской области, в т. ч. выполнивших искусственное прерывание беременности по желанию.

Материалы и методы. Социологическое исследование выполнено методом анкетирования в группе 629 женщин репродуктивного возраста (18–35 лет); из них 130 (20,7 %) женщин после искусственного прерывания беременности. В качестве инструмента оценивания использовали валидизированную версию вопросника В.К. Куес (1998) «Шкала отношения к контрацепции»; с его помощью рассчитали и нормализовали значения индекса отношения к контрацепции. Множественным бинарным логистическим регрессионным анализом отобрали факторы, ассоциированные с «положительным» (более 60 баллов) отношением женщин к контрацепции с учетом их abortного анамнеза.

Результаты. В группе женщин, выполнивших искусственное прерывание беременности по желанию, медиана нормализованного значения индекса отношения к контрацепции составила 65,6 (53,1; 77,3) балла; утверждавших, что ранее не выполняли abort, – 72,0 (59,4; 82,0) балла. С учетом abortного анамнеза с «положительным» отношением к контрацепции были ассоциированы более высокий уровень образования, наличие в семье детей, намерение родить первого (последующего) ребенка, а также наличие у женщины в прошлом нескольких половых партнеров. Использование контрацептивов (в т. ч. под влиянием партнера) было ассоциировано с более негативным отношением к контрацепции.

Выводы. Демографические характеристики и параметры социального положения, репродуктивных установок, полового и контрацептивного поведения, ассоциированные с отношением женщин репродуктивного возраста к контрацепции, должны быть учтены при разработке региональных программ коррекции репродуктивных установок граждан, повышения рождаемости населения.

Ключевые слова: женщины, репродуктивный возраст, отношение к контрацепции, искусственное прерывание беременности по желанию, Архангельская область, множественный бинарный логистический регрессионный анализ.

Для цитирования: Мордовский Э.А., Куделина О.В., Игнатова О.А., Санников А.Л., Хромова А.В. Отношение женщин к контрацепции в зависимости от abortного анамнеза // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 29–39. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-29-39

Women's Attitude toward Contraception Depending on the History of Induced Abortion

Edgar A. Mordovsky,¹ Olga V. Kudelina,² Olga A. Ignatova,¹ Anatoly L. Sannikov,¹ Anna V. Khromova¹

¹ Northern State Medical University, 51 Troitsky Avenue, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

² Siberian State Medical University, 2 Moskovsky Tract, Tomsk, 634050, Russian Federation

Summary

Introduction: The birth rate crisis in most regions of the Russian Federation gives relevance to the tasks of assessing contraceptive behavior and citizens' attitudes toward contraception, and of searching for effective means of their correction.

Objective: To establish the factors associated with the attitude toward contraception among women living in the Arkhangelsk Region, including those with a history of induced abortion.

Materials and Methods: We conducted a questionnaire-based survey of 629 women aged 18–35, of which 130 (20.7 %) reported having induced abortions in their medical history. A validated version of the Kyes (1998) Contraceptive Attitude Scale was used as a measuring tool of the normalized contraceptive attitude score. We then applied a multiple binary logistic regression analysis to establish the factors associated with a positive (> 60 points) attitude of women to contraception given their history of induced abortion.

Results: The median normalized contraceptive attitude score was 65.6 (53.1; 77.3) points in the group of women with the history of induced abortion and 72.0 (59.4; 82.0) in those without it. Given the history of abortion, the positive attitude toward contraception was associated with a higher level of education, having children in the family, planning to have the first (or subsequent) child, and having multiple sexual partners in the past. Contraceptive use, including that under the influence of a sexual partner, was associated with a more negative attitude toward contraception.

Conclusions: Demographic characteristics and parameters of social status, reproductive attitudes, sexual and contraceptive behavior associated with the attitude of women of reproductive age toward contraception should be taken into account when developing regional programs for improving reproductive attitudes and increasing the birth rate.

Keywords: women, reproductive age, attitude toward contraception, induced abortion, Arkhangelsk Region, multiple binary logistic regression.

Cite as: Mordovsky EA, Kudelina OV, Ignatova OA, Sannikov AL, Khromova AV. Women's attitude toward contraception depending on the history of induced abortion. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):29–39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-29-39

Введение. Демографическая ситуация в Российской Федерации на протяжении последних лет остается напряженной. Страна находится в состоянии второго демографического перехода, для которого характерны увеличение удельного веса граждан старше трудоспособного возраста, а также снижение рождаемости ниже уровня, обеспечивающего простое воспроизводство населения [1]. Увеличение длины женского поколения (интервала между поколениями матерей и дочерей), снижение рождаемости населения сокращает объем трудовых резервов, обуславливает возрастание демографической нагрузки на граждан трудоспособного возраста [2–4].

В настоящее время государственная политика направлена на коренное изменение демографической ситуации. В стране утверждена Концепция демографической политики,¹ реализуется ряд федеральных (например, национальный проект «Демография»²) и региональных программ, направленных на дополнительную социальную и финансовую поддержку семей (в т. ч. при рождении детей), созданы новые научные центры (например, Институт демографической политики им. Д.И. Менделеева) и организации, деятельность которых направлена на всесторонний анализ демографических процессов, подбор и внедрение в практику инструментов их коррекции. Вместе с тем, учитывая инертный характер социальных процессов, очевидно, что в ряде регионов страны не удастся повысить суммарный коэффициент рождаемости до 1,6 к 2030 г. и до 1,8 к 2036 г., – ключевого показателя достижения национальной цели «Сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи», определенного Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309³.

R.K. Thomas (2018) определяет рождаемость как «... социальный процесс, требующий биологического взаимодействия двух людей в рамках определенного экономического, социального и/или политического контекста ...», динамика которого «отражает взаимосвязь культуры, технологий и экономических условий» [5]. В свою очередь, уровень рождаемости населения зависит от репродуктивного поведения граждан, включая их репродуктивные установки, репродуктивные мотивы, репродуктивные потребности и результаты репродуктивного поведения [6, 7]. Т.Б. Гудкова (2019), ссылаясь на мнение зарубежных социологов, определяет репродуктивные установки (намерения), как «... опосредующую детерминанту фактического поведения рождаемости ...» и стратифицирует их

на «... желаемое число детей или желаемый размер семьи ...» и «... намерение иметь (еще одного) ребенка вообще или в течение какого-то определенного времени ...» [8]. Последнее, в свою очередь, отражает свойства абортного («... действий, имеющих целью предотвратить нежелательное рождение ...») и контрацептивного («... действий, направленных на предотвращение зачатия ...») поведения граждан⁴.

Оценка контрацептивного поведения мужчин и женщин является популярной темой социологических исследований. О.Н. Калачикова (2012) определила перечень их основных предметов: это преимущественно «... распространенность, мотивация, проблемы использования [контрацептивов] ...», а также «... зависимость контрацептивного выбора от социально-экономических условий и характеристик населения ...»⁵. Вместе с тем в библиографических базах данных научных публикаций практически не представлены результаты исследований, объектом которых является отношение женщин к контрацепции, включая женщин в состоянии репродуктивного выбора (обратившихся в медицинские организации по поводу прерывания беременности по желанию). Не исключена гипотеза о том, что их отношение к этому способу регулирования рождаемости не отражает практику применения тех или иных средств контрацепции. Их гармонизация, в свою очередь, может явиться эффективным способом сокращения числа нежелательных беременностей и, соответственно, числа искусственных абортов по желанию, т. е. инструментом сохранения репродуктивного здоровья женщин.

Цель исследования: установить факторы, ассоциированные с отношением к контрацепции женщин, проживающих в Архангельской области, в т. ч. выполнивших искусственное прерывание беременности по желанию.

Материалы и методы. Выполнено поперечное социологическое исследование методом анкетирования в группе совершеннолетних женщин репродуктивного возраста (18–35 лет), постоянно проживающих в Архангельской области. Базой проведения исследования явились медицинские организации государственной системы здравоохранения, организации социального обслуживания населения. Минимальный объем выборочной совокупности был рассчитан с помощью формулы, выведенной из уравнения предельной ошибки выборки, и составил 497 чел. при величине генеральной совокупности (численность женского населения региона в возрасте 18–35 лет на 01.01.2023), равной 90 807 чел., предполагаемой дисперсии значения изучаемого признака (индекса отношения к контрацепции),

¹ Указ Президента РФ от 09.10.2007 № 1351 (ред. от 01.07.2014) «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/191961/> (дата обращения: 21.10.2025).

² Паспорт национального проекта «Демография» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/72158122/> (дата обращения: 21.10.2025).

³ Указ Президента РФ от 07.05.2024 N 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1717715/> (дата обращения: 21.10.2025).

⁴ Калачикова О.Н. Регулирование репродуктивного поведения населения: состояние и проблемы: препринт. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2012. 129 с.

⁵ Там же.

равной 400, критическом значении Z стандартного нормального распределения, равном 1,96, ошибки выборки (отклонении средних характеристик выборочной совокупности от средних характеристик генеральной совокупности), равной 2, и поправке на отклик, равной 30 %. Всего было проанкетировано 813 женщин фертильного возраста, сформирована и зарегистрирована база данных⁶. Вследствие ошибок, допущенных респондентами при заполнении анкет (включая отсутствие достоверных ответов на вопросы, характеризующие отношение к контрацепции), часть из них (184 ед., 22,6 %) была исключена из дальнейшего анализа. Таким образом, критериями включения в исследование явились (1) женский пол, (2) возраст 18–35 лет, (3) факт постоянного проживания в Архангельской области и (4) наличие информированного добровольного согласия на участие в исследовании. Критерием исключения явилось отсутствие ответов респондентов на вопросы, характеризующие их отношение к контрацепции.

В числе респондентов были женщины, обратившиеся в медицинские организации по поводу прерывания беременности по желанию (130 чел.), и женщины, обратившиеся в учреждения социального обслуживания или медицинские организации и утверждавшие, что ранее не выполняли искусственный аборт (499 чел.). Характеристика групп респондентов представлена в таблице 1.

В качестве инструмента сбора данных использован авторский вопросник. Кроме паспортной части (ответы на вопросы которой позволили дать характеристику демографического статуса и социального положения респондентов) он включал в себя русскоязычную версию вопросника В.К. Куйс (1998) «Шкала отношения к контрацепции»⁷. Авторы самостоятельно выполнили перевод и психометрическое оценивание указанного инструмента. На первом этапе осуществили перевод англоязычной версии вопросника на русский язык и обратный перевод на английский язык. На втором провели

Таблица 1. Характеристика групп респондентов (n = 629), n (%)

Table 1. Description of the respondents (n = 629), n (%)

Факторы / Factors	Женщины, выполнившие искусственное прерывание беременности по желанию / Women with a history of induced abortion (n = 130)	Прочие женщины / Other women (n = 499)
Возрастные группы, лет / Age groups, years		
18–29	44 (33,8)	246 (49,3)
30–35	86 (66,2)	253 (50,7)
Уровень образования / Education level		
Среднее / Secondary	16 (13,1)	47 (11,1)
Среднее профессиональное / Vocational	60 (49,2)	206 (48,7)
Высшее / Higher	46 (37,7)	170 (40,2)
н.д. / no answer	8 (6,2)	76 (15,2)
Отношение к браку / Marital status		
Состою в зарегистрированном браке / Married	70 (56,0)	225 (54,6)
Состою в незарегистрированном супружеском союзе / Cohabiting	26 (20,8)	97 (23,5)
Не состою, но ранее состояла в зарегистрированном браке (разведена, вдова) / Divorced or widowed	9 (7,2)	28 (6,8)
Не состою, но ранее состояла в незарегистрированном супружеском союзе / Previously cohabiting	6 (4,8)	15 (3,6)
Никогда не состояла в браке или незарегистрированном супружеском союзе / Single (never married or cohabited)	14 (11,2)	47 (11,5)
н.д. / no answer	5 (3,8)	87 (17,4)
Количество рожденных детей / Births per woman		
0	16 (14,5)	144 (37,8)
1	45 (40,9)	119 (31,2)
2	39 (35,5)	89 (23,4)
≥ 3	9 (9,1)	29 (7,6)
н.д. / no answer	20 (15,4)	118 (23,6)

Примечание: н.д. – количество (удельный вес, %) респондентов, не ответивших на соответствующий вопрос.

Note: n/a – the number and proportion of the respondents who did not answer the question.

⁶ База данных «Репродуктивное и абортное поведение, установки молодых женщин (18–35 лет), проживающих в Архангельской области». Мордовский Э.А., Санников А.Л. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025620506, 28.01.2025. Заявка № 2024625481 от 20.11.2024.

⁷ Kyes BK. Contraceptive Attitude Scale. In: Davis CM, Yarber WL, Bauserman R, Schreer G, Davis SL, eds. *Handbook of Sexuality-Related Measures*. Thousand Oaks: Sage Publ.; 1998:164–165.

качественное оценивание содержательной валидности переводной версии вопросника; для этого 10 экспертов в области общественного здоровья (сотрудники профильных кафедр Северного и Сибирского государственных медицинских университетов) комментировали воспринимаемость, грамотность и ясность вопросов. Формулировки 12 вопросов-суждений были пересмотрены на основе их комментариев. На третьем этапе провели количественное оценивание содержательной валидности переводной версии вопросника. Для этого указанной выше экспертной группе предложили оценить целесообразность включения тех или иных вопросов в итоговую версию инструмента; они давали одну из трех оценок каждому из них: «необходимый вопрос», «полезный, но ненужный вопрос», «ненужный вопрос». Далее было рассчитано значение коэффициента «отношение содержательной валидности» (CVR). Критическое значение коэффициента для экспертной группы в составе 10 участников составляет 0,62; в итоговую версию вопросника были включены все вопросы, т. к. CVR каждого превышало указанное значение. На четвертом этапе провели пилотное исследование для определения «понимаемости» вопросов-суждений с участием 30 респондентов – получателей медицинских и социальных услуг учреждений г. Архангельска и г. Томска). Респондентам предлагалось оценить восприятие вопросов инструмента; 3 вопроса были определены ими как «непонятные», и они были переформулированы. На пятом этапе был проведен тест-ретест анализ для проверки надежности переводной версии вопросника. Указанной выше группе из 30 респондентов предложили вновь заполнить вопросник спустя один месяц. Надежность инструмента при тестировании и повторном тестировании оценивали с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Во всех 32 парах вопросов-суждений значение коэффициента корреляции Пирсона было выше 0,8. На шестом этапе провели анализ внутренней согласованности вопросов-суждений инструмента с расчетом альфа-коэффициента надежности Кронбаха. Значение коэффициента составило 0,74, что указывало на приемлемый уровень надежности. Таким образом, была получена русскоязычная версия вопросника В.К. Куес (1998) «Шкала отношения к контрацепции» с высоким уровнем содержательной валидности, внутренней согласованности вопросов-суждений, их понимаемости респондентам, надежности получаемых с его помощью оценок. Вопросник включал 32 вопроса-суждения, 17 из которых сформулированы положительно, 15 – отрицательно. Варианты ответов респондентов сформированы в виде 5-уровневой шкалы Ликерта («абсолютно согласна» – 5 баллов, «скорее согласна» – 4 балла, «отношусь нейтрально» – 3 балла, «скорее не согласна» – 2 балла, «совершенно не согласна» – 1 балл). Вопросы-суждения с отрицательной формулировкой оценивались в обратном порядке. Индекс отношения к контрацепции (ИОК) представлял собой сумму балльных оценок ответов респондентов на вопросы-суждения и был нормализован в диапазоне от 0 до 100 баллов (при

этом более высокое значение ИОК указывало на более положительное отношение к контрацепции).

На первом этапе статистической обработки первичных данных рассчитали нормализованные значения ИОК в подгруппах респондентов. Использовали количественные переменные, которые были представлены в виде медианы со значениями первого и третьего квартилей (Me (Q1; Q3)). ИОК также был преобразован в порядковую переменную, характеризующую уровневую оценку отношения респондентов к контрацепции. Значение ИОК в диапазоне [0; 20] баллов интерпретировалось как «очень негативное»; в диапазоне (20; 40] баллов – как «негативное»; в диапазоне (40; 60] баллов – как «нейтральное»; в диапазоне (60; 80] баллов – как «положительное»; в диапазоне (80; 100] баллов – как «очень положительное» отношение к контрацепции. Распределение групп респондентов в зависимости от уровневой оценки отношения к контрацепции (категориальная порядковая переменная) было представлено в виде процентных долей; для их сравнения использовали критерий согласия χ^2 Пирсона. На втором этапе для определения переменных (факторов, характеризующих демографический статус и социальное положение респондентов, их репродуктивные установки, половое и контрацептивное поведение), ассоциированных с «положительным» и «очень положительным» отношением к контрацепции (ИОК > 60 баллов), с учетом abortного анамнеза, был применен множественный бинарный логистический регрессионный анализ (МнБЛРА). В серии процедур МнБЛРА факторы, трансформированные в фиктивные дихотомические переменные, включались попарно последовательно вместе с бинарной переменной, определяющей abortный анамнез респондентов, методом обратного устранения. Проверка гипотезы о соответствии наблюдаемых и спрогнозированных значений зависимой переменной выполнена с помощью теста Хосмера – Лемешов. Достоверными считались различия при вероятности ошибки 1-го типа менее 5 % ($p < 0,05$). Обработка статистических данных произведена с помощью пакета прикладных программ STATA ver. 12.

Результаты. Медиана нормализованного значения ИОК для всей выборочной совокупности составила 71,0 (57,8; 81,3) балла, в т. ч. в группе женщин, обратившихся в медицинские организации Архангельской области по поводу прерывания беременности по желанию – 65,6 (53,1; 77,3) балла, утверждавших, что ранее не выполняли abort – 72,0 (59,4; 82,0) балла. В таблице 2 представлены медианы нормализованных значений ИОК в подгруппах респондентов.

Медианы нормализованных значений ИОК варьировали в подгруппах респондентов, образованных характеристиками их демографического статуса и социального положения, репродуктивных установок, полового и контрацептивного поведения. В подгруппах респондентов, обратившихся в медицинские организации по поводу прерывания беременности, значения показателя были ниже.

Распределение групп респондентов в зависимости от уровневой оценки отношения к контрацепции

Таблица 2. Медианы нормализованных* значений индекса отношения к контрацепции в подгруппах респондентов (n = 629)**Table 2. Group medians of the normalized* contraceptive attitude scores in the respondents (n = 629)**

Факторы / Factors	Женщины, выполнившие искусственное прерывание беременности по желанию / Women with a history of induced abortion (n = 130)	Прочие женщины / Other women (n = 499)
	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)
1. Демографический статус и социальное положение / Socio-demographic profile		
Возраст, лет / Age, years		
18–29	62,3 (51,6; 76,6)	71,9 (58,4; 82,0)
30–35	65,6 (53,9; 77,3)	71,9 (60,2; 81,3)
Уровень образования / Education level		
Среднее / Secondary	54,7 (50,4; 67,2)	61,3 (51,0; 77,9)
Среднее профессиональное / Vocational	59,8 (52,1; 71,7)	71,1 (59,2; 78,1)
Высшее / Higher	73,4 (60,5; 80,7)	74,2 (62,1; 83,6)
Отношение к браку / Marital status		
Состою в зарегистрированном браке / Married	65,6 (54,7; 77,3)	71,9 (59,4; 81,3)
Состою в незарегистрированном супружеском союзе / Cohabiting	64,5 (53,1; 77,5)	70,7 (57,0; 82,4)
Не состою, но ранее состояла в зарегистрированном браке (разведена, вдова) / Divorced or widowed	66,8 (51,6; 86,7)	76,2 (58,4; 79,3)
Не состою, но ранее состояла в незарегистрированном супружеском союзе / Previously cohabiting	–	71,9 (62,3; 77,3)
Никогда не состояла в браке или незарегистрированном супружеском союзе / Single (never married or cohabited)	58,6 (50,2; 75,8)	72,7 (60,7; 84,6)
2. Репродуктивные установки / Reproductive attitudes		
Количество рожденных детей (абс.) / Births per woman (n)		
0	53,1 (50,6; 67,0)	71,9 (56,3; 82,2)
1	62,1 (51,6; 76,2)	71,1 (60,9; 81,3)
2	68,0 (59,4; 80,1)	73,4 (63,7; 80,9)
≥ 3	65,6 (57,8; 75,8)	69,5 (55,5; 80,1)
Репродуктивные планы (собираетесь ли вы иметь ребенка: первого, если нет детей, или еще одного) / Reproductive plans (planning to have the first or subsequent child)		
Да, в ближайшее время / Yes, in the near future	66,4 (62,1; 77,7)	73,4 (55,1; 83,6)
Да, но несколько позже, пока откладываю / Yes, but later, currently postponing	68,8 (56,3; 85,9)	74,2 (64,1; 83,6)
Трудно сказать / Uncertain	64,1 (53,1; 77,0)	70,3 (56,3; 78,3)
3. Половое поведение / Sexual behavior		
Возраст начала половой жизни, лет / Age at first sexual intercourse, years (ref. <17)		
≤ 16	64,8 (53,7; 79,3)	68,8 (53,9; 78,1)
17–19	64,8 (52,3; 73,8)	68,0 (54,7; 77,3)
≥ 20	75,0 (60,2; 79,7)	71,5 (56,8; 80,7)
Количество половых партнеров в настоящее время (абс.) / Current sexual partners (n) (ref. 1)		
1	65,6 (53,7; 77,3)	68,4 (54,7; 78,1)
≥ 2	67,2 (50,0; 77,3)	71,9 (56,3; 83,6)
Количество половых партнеров всего было (абс.) / Lifetime sexual partners (n)		
1	54,7 (51,6; 67,2)	75,0 (56,6; 82,8)
2	71,1 (51,4; 84,4)	67,2 (54,7; 78,7)
3	65,6 (54,1; 78,9)	68,8 (52,3; 76,6)
≥ 4	68,8 (61,7; 80,5)	65,6 (53,1; 75,8)
Частота половых сношений / Sexual frequency		
Ежедневно / Daily	62,1 (50,0; 70,3)	71,1 (60,9; 78,9)
3–4 раза в неделю / 3–4 times a week	64,8 (54,7; 77,3)	72,3 (61,7; 81,3)
1–2 раза в неделю / 1–2 times a week	65,6 (53,1; 75,4)	73,4 (57,0; 83,6)
Реже, чем 1 раз в неделю / Less than once a week	62,5 (51,4; 83,2)	70,3 (56,4; 79,7)
4. Контрацептивное поведение / Contraceptive behavior		
Использование способов предохранения от беременности в настоящее время / Current contraceptive use		
Используются способы контрацепции / Use of contraceptive methods	66,0 (57,8; 80,1)	75,0 (65,6; 85,2)
Никакие способы контрацепции не используются / Nonuse of contraceptive methods	59,4 (51,6; 69,9)	65,6 (53,9; 75,8)
Инициатор использования контрацепции* / Initiator of contraceptive use*		
Преимущественно мое решение / Primarily my own decision	68,0 (52,7; 80,1)	73,4 (59,4; 84,4)
Совместное с мужем / партнером решение / Joint decision with husband/partner	66,4 (58,8; 78,7)	71,9 (61,7; 82,0)
Преимущественно решение мужа / партнера / Primarily husband's/partner's decision	53,1 (51,2; 55,1)	59,0 (50,4; 74,8)

Примечание: * – медианные значения индекса отношения к контрацепции (ИОК) нормализованы в диапазоне от 0 до 100 баллов.**Note:** * Median values of the Contraceptive Attitude Score are normalized in the range of 0–100 points.

представлено на рисунке. Половина женщин (44,6 %), обратившихся в медицинские организации по поводу прерывания беременности по желанию, две трети женщин (66,6 %), утверждавших, что в течение жизни не выполняли аборта, имели «положительное» или «очень положительное» (ИОК > 60 баллов) отношение к контрацепции (p (критерий согласия χ^2 Пирсона) < 0,001).

Результаты серии процедур МнБЛРА, выполненных с целью оценки влияния абортного анамнеза на положительное отношение женщин к контрацепции (ИОК > 60 баллов) в зависимости от факторов, характеризующих их демографический статус и социальное положение, репродуктивные установки, половое и контрацептивное поведение, приведены в таблице 3.

Факт выполнения женщинами искусственного прерывания беременности по желанию является важным предиктором негативного отношения к контрацепции. При контроле на указанный фактор статистически значимое влияние на переменную отклика оказывали уровень образования респондентов (наличие среднего профессионального и высшего образования было ассоциировано с более высокими относительными шансами (ОШ) (в 1,95 раза и 3,27 раза соответственно) положительного отношения к контрацепции); наличие в семье детей (было ассоциировано с более высокими ОШ (в 1,51 раза) положительного отношения к контрацепции); намерение «в ближайшее время» родить ребенка (было ассоциировано с более высокими ОШ (в 1,67 раза) положительного отношения к контрацепции); наличие у женщины в прошлом нескольких половых партнеров (было ассоциировано с более высокими ОШ (в 1,35–1,63 раза) положительного отношения к контрацепции); а также факторы, характеризующие контрацептивное поведение (в т. ч. использование того или иного способа предупреждения беремен-

ности в настоящее время, а также влияние на его выбор супруга (партнера) было ассоциировано с более низкими ОШ (в 0,41 и 0,25 раза соответственно) положительного отношения к контрацепции).

Обсуждение. Тенденция к снижению рождаемости, сужению воспроизводства населения, наблюдаемая в последние годы в большинстве регионов России, обусловлена комплексом причин. Некоторые из них имеют объективный характер – в фертильном возрасте в настоящее время находится малочисленное поколение граждан, родивших в период экономического кризиса 1980–1990-х гг. Субъективные причины не менее актуальны, многие эксперты отмечают глубокую трансформацию репродуктивного поведения и установок молодых мужчин и женщин, свершившуюся в последние десятилетия в большинстве экономически развитых и развивающихся странах [2, 7, 9–12]. Основными факторами, снижающими деторождение в семье, как правило, являются материальные и жилищные трудности, неуверенность в будущем [13–15].

Объектом государственной демографической политики в аспекте рождаемости населения являются преимущественно субъективные причины ее снижения. Государство в настоящее время последовательно реализует мероприятия, направленные на финансовую, социальную поддержку молодых семей, защиту трудовых прав и законных интересов их членов. Вместе с тем результативность указанных мероприятий (определяемая как степень достижения национальной цели «Сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи») может оказаться ограниченной вследствие сохраняющейся тенденции к ухудшению состояния репродуктивного здоровья молодых россиян, прежде всего – женщин. Указанная объективная причина снижения рождаемости населения страны

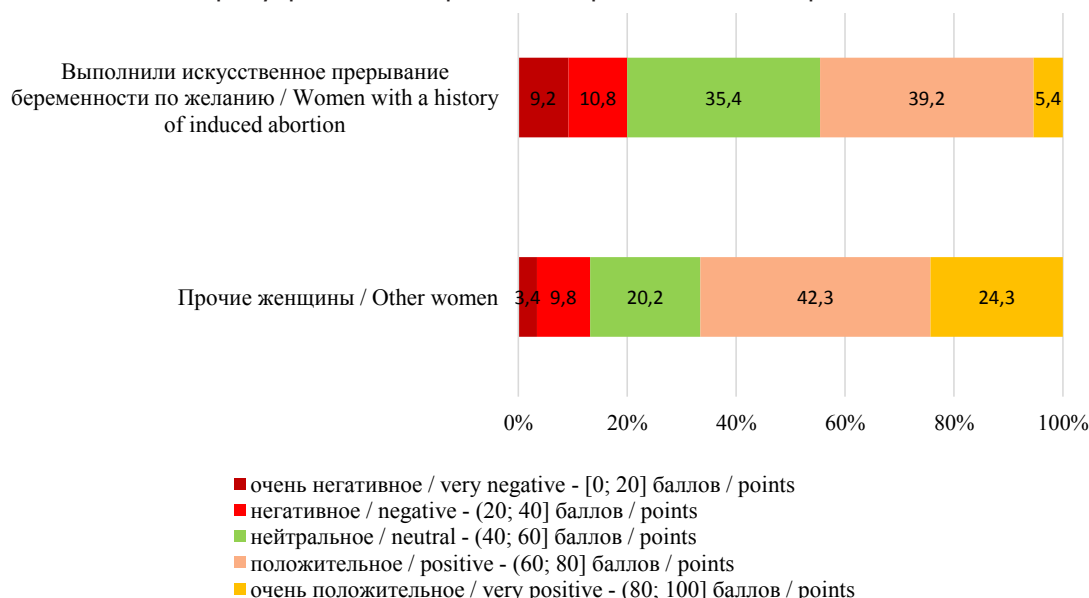


Рисунок. Распределение групп респондентов в зависимости от уровневой оценки отношения к контрацепции, %
Figure. Distribution of the respondents by the contraceptive attitude score within groups, %

⁸ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1717715/> (дата обращения: 21.10.2025).

Таблица 3. Параметры взаимосвязи между характеристиками групп респондентов и зависимой бинарной переменной, обозначающей их положительное отношение к контрацепции (нормализованное значение ИОК > 60 баллов) с учетом абортного анамнеза**Table 3. Parameters of the relationship between characteristics of the respondent groups and the dependent binary variable indicating their positive attitude to contraception (normalized contraceptive attitude score > 60 points) given the history of induced abortion**

Факторы / Factors *	Константа / Constant	Параметры модели для включенной переменной / Model parameters for the variable			Параметры модели для переменной: «принадлежность к группе женщин, выполнивших искусственное прерывание беременности по желанию» / Model parameters for the variable: Women with the history of induced abortion		
		B**	ОШ (95 % ДИ*** / OR (95% CI)***	p(B)	B**	ОШ (95 % ДИ*** / OR (95% CI)***	p(B)
1. Демографический статус и социальное положение / Socio-demographic profile							
Возраст, лет / Age, years (ref. 18–29)							
30–35	1,07	–	–	–	–0,64	0,53 (0,35; 0,81)	0,004
Уровень образования / Education level (ref. Среднее / Secondary)							
Среднее профессиональное / Vocational	0,33	0,67	1,95 (1,10; 3,44)	0,022	–0,93	0,40 (0,23; 0,69)	0,001
Высшее / Higher	0,09	1,19	3,27 (1,89; 5,65)	< 0,001	–	–	–
Отношение к браку / Marital status (ref. состою в зарегистрированном браке / married)							
Состою в незарегистрированном супружеском союзе / Cohabiting	1,05	–	–	–	–0,46	–0,63 (0,40; 0,93)	0,030
Не состою, но ранее состояла в зарегистрированном браке (разведена, вдова) / Divorced or widowed	–	–	–	–	–	–	–
Не состою, но ранее состояла в незарегистрированном супружеском союзе / Previously cohabiting	–	–	–	–	–	–	–
Никогда не состояла в браке или незарегистрированном супружеском союзе / Single (never married or cohabited)	1,14	–	–	–	–0,65	0,52 (0,33; 0,84)	0,007
2. Репродуктивные установки / Reproductive attitudes							
Количество рожденных детей / Births per woman (ref. нет детей / no children)							
Есть дети / Having children	0,86	0,41	1,51 (1,12; 2,29)	0,011	–0,85	0,43 (0,28; 0,66)	< 0,001
Репродуктивные планы (собираетесь ли вы иметь ребенка: первого, если нет детей, или еще одного) / Reproductive plans (planning to have the first or subsequent child) (ref. трудно сказать / uncertain)							
Да, но несколько позже, пока откладываю / Yes, but later	0,90	–	–	–	–0,52	0,60 (0,35; 0,95)	0,034
Да, в ближайшее время / Yes, in the near future	0,94	0,51	1,67 (1,08; 2,59)	0,022	–0,63	0,53 (0,32; 0,88)	0,015
3. Половое поведение / Sexual behavior							
Возраст начала половой жизни, лет / Age at first sexual intercourse, years							
17–19	0,70	–	–	–	–0,40	0,67 (0,42; 0,91)	0,001
≥ 20	0,52	0,60	1,83 (1,21; 3,70)	0,008	–	–	–
Количество половых партнеров в настоящее время (абс.) / Current sexual partners (n)							
≥ 2	0,74	–	–	–	–0,29	0,75 (0,49; 0,97)	0,041
Количество половых партнеров всего было (абс.) / Lifetime sexual partners (n) (ref. 1)							
2	0,65	0,48	1,61 (1,05; 3,01)	0,039	–0,95	0,39 (0,20; 0,75)	0,005
3	0,59	0,30	1,35 (1,17; 2,53)	0,031	–0,80	0,45 (0,25; 0,80)	0,007
≥ 4	0,26	0,49	1,63 (1,09; 2,88)	0,016	–	–	–
Частота половых сношений / Sexual frequency (ref. ежедневно / daily)							
3–4 раза в неделю / 3–4 times a week	1,26	–	–	–	–0,81	0,44 (0,24; 0,82)	0,009
1–2 раза в неделю / 1–2 times a week	1,01	–	–	–	–0,54	0,58 (0,34; 0,95)	0,021
Реже, чем 1 раз в неделю / Less than once per week	1,08	–	–	–	–0,98	0,38 (0,18; 0,78)	0,009
4. Контрацептивное поведение / Contraceptive behavior							
Использование способов предохранения от беременности в настоящее время / Current contraceptive use (ref. никакие способы не используются / nonuse of contraceptive methods)							
Используются способы контрацепции / Use of contraceptive methods	1,49	–0,88	0,41 (0,27; 0,62)	< 0,001	–0,80	0,45 (0,28; 0,71)	0,001
Инициатор использования контрацепции / Initiator of contraceptive use (ref. преимущественно мое решение / primarily my decision)							
Совместное с мужем / партнером решение / Joint decision with husband/partner	1,18	–	–	–	–0,50	0,61 (0,39; 0,95)	0,028
Преимущественно решение мужа / партнера / Primarily husband's/partner's decision	1,10	–1,40	0,25 (0,12; 0,52)	< 0,001	–0,89	0,41 (0,22; 0,78)	0,006

Примечание: * – ref. – референтная группа; ** – коэффициент регрессии; *** – ОШ – отношение шансов (95 % доверительный интервал отношения шансов).**Notes:** ** reference group; ** regression coefficient; *** odds ratio (95 % confidence interval).

зачастую игнорируется исследователями при анализе демографических процессов.

Репродуктивное здоровье женщин как «способность к воспроизведению, вынашиванию и рождению здоровых детей» отражает их абортный анамнез, а также характеристики контрацептивного поведения [6, 8–10]. Контрацептивное поведение молодых россиянок имеет тенденцию к улучшению. Так, результаты исследования О.В. Армашевской и соавт. (2021) свидетельствуют о том, что подавляющее большинство (97,2 %) женщин знакомы с понятием «контрацепция», применяли (87,6 %) контрацептивные средства на практике. Авторы также отмечают «эволюцию подходов по применению контрацептивных средств», – возрастание ответственности женщин в решении проблемы нежелательной беременности [16]. Вместе с тем практика и «приверженность» к применению средств контрацепции (включая распространенность применения в группах женщин, выбор ими тех или иных средств) не всегда отражает отношение граждан к этому способу предупреждения нежелательной беременности. Несмотря на понимание целесообразности применения контрацепции, ее восприятие может быть в целом отрицательным (как и по причине опасения побочных эффектов) [17]. Следствием этой ситуации могут быть психологический стресс (личностные и межличностные конфликты) и сознательный отказ от предупреждения нежелательной беременности [18, 19].

Предметом настоящего исследования явилось отношение жительниц Архангельской области к контрацепции и детерминирующие его факторы. Результаты серии процедур МнБЛРА указывают на то, что важнейшим из них является наличие у женщин в анамнезе аборта по желанию, – при контроле на переменные, характеризующие демографический статус и социальное положение, репродуктивные установки, контрацептивное и половое поведение, этот фактор обуславливал снижение ОШ положительного отношения к контрацепции (ИОК > 60 баллов) (в 0,38–0,67 раза). Авторы настоящей работы не смогли обнаружить в библиографических базах данных аналогов проведенного исследования и, соответственно, установить причины обнаруженной закономерности. Интерпретируя результаты исследования французских ученых, можно заключить, что незапланированная беременность часто является следствием переоценки женщиной эффективности средств посткоитальной (экстренной) контрацепции, – их безрезультатное использование снижает доверие к контрацепции в целом [20].

Параметры демографического статуса и семейного положения также следует считать факторами, опосредующим отношение женщин к контрацепции. Наличие положительной взаимосвязи между более высоким уровнем образования и ОШ положительно оценивать контрацепцию (табл. 3) вполне закономерно, – результирующая переменная отражает в целом уровень грамотности в вопросах здоровья (ГВЗ) граждан [21, 22], а корреляция между уровнем

образования и ГВЗ в группе жителей Архангельской области была ранее доказана авторами данной работы [23]. Причины более низких ОШ положительно оценивать контрацепцию одинокими (разведенными) женщинами, выполнившими аборт, в сравнении с женщинами, состоящими в зарегистрированном браке, должны быть исследованы дополнительно. Вероятно, указанная взаимосвязь опосредована тем фактом, что одинокие молодые женщины чаще имеют несколько половых партнеров; в свою очередь, промискуитет достоверно ассоциирован с ошибками в выборе и использовании контрацептивов [24].

Параметры полового поведения также оказывали влияние на отношение молодых женщин к контрацепции. Позднее (20 лет и старше) начало половой жизни было связано с более высокими ОШ оценивать положительно методы предупреждения беременности даже с учетом абортного анамнеза респонденток (табл. 3). Наличие в прошлом двух и более половых партнеров также в значительной мере компенсировало отрицательный эффектотягощенного абортного анамнеза (табл. 3). Ввиду отсутствия в библиографических базах данных аналогов проведенного исследования причины указанной закономерности не могут быть точно обозначены. Вместе с тем следует отметить, что ранее исследователи отмечали взаимосвязь между указанными выше параметрами полового поведения и практикой применения контрацептивов. Так, В.М. Magnusson et al. (2012) доказали, что женщины, которым на момент первого полового акта было меньше 15 лет, почти в два раза чаще сообщали о перерывах в использовании средств предупреждения нежелательной беременности в сравнении с женщинами, которым на момент первого полового акта было 18 лет⁹. А.В. Molina et al. (2018) [25], Р. Křepelka et al. (2020) [26] также утверждают, что количество половых партнеров и практика применения контрацептивов взаимосвязаны.

Характеристики контрацептивного поведения наряду с абортным анамнезом являются важнейшими предикторами отношения молодых женщин к контрацепции. В серии процедур МнБЛРА (табл. 3) установлено, что факт использования респондентками того или иного способа предотвращения нежелательной беременности, а также инициирование его применения мужем (половым партнером) были ассоциированы с более низкими ОШ (в 0,41 и 0,25 раза соответственно) положительно оценивать контрацепцию. Причины обнаруженной взаимосвязи имеют психологическую природу: негативное отношение к контрацепции обусловлено опасением побочных эффектов применения контрацептивов [17], а также эмоциональным воздействием полового партнера [10, 11, 27]. Поэтому отношение молодых женщин к этому способу регулирования рождаемости не отражает практику применения тех или иных средств контрацепции, находит свое подтверждение. Их гармонизация, в свою очередь, может явиться эффективным способом

⁹ Magnusson BM, Masho SW, Lapane KL. Early age at first intercourse and subsequent gaps in contraceptive use. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012;21(1):73–79. doi: 10.1089/jwh.2011.2893.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-29-39>
Original Research Article

сокращения числа нежелательных беременностей и, соответственно, числа искусственных абортов по желанию, т. е. инструментом сохранения репродуктивного здоровья женщин.

Выводы

1. Среди женщин, обратившихся в медицинские организации по поводу прерывания беременности по желанию (44,6 %), и женщин (66,6 %), утверждавших, что в течение жизни не выполняли аборта, «положительно» или «очень положительно» (ИОК > 60 баллов) относились к контрацепции (p (критерий согласия χ^2 Пирсона) < 0,001).

2. С учетом abortного анамнеза, с положительным отношением к контрацепции (ИОК > 60 баллов) были ассоциированы более высокий уровень образования, наличие в семье детей, намерение родить первого (последующего) ребенка, а также наличие у женщины в прошлом нескольких половых партнеров; с отрицательным отношением к контрацепции были ассоциированы факт использования контрацептивов в настоящее время (в т. ч. под влиянием партнера).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калачикова О.Н., Короленко А.В., Боброва А.Г. Демографическое развитие России и Беларуси в XXI веке в контексте внедрения концепции активного долголетия // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 1. С. 29-51. doi: 10.15838/ptd.2021.1.111.2
2. Щербакова Е.М. Динамика населения России в контексте мировых тенденций // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4. С. 78-97. doi: 10.1134/s1075700722040098
3. Ильдарханова Ч.И., Ибрагимова А.А., Абдульязнов А.Р. Динамика естественного движения населения как угроза демографической безопасности России // Народонаселение. 2022. № 3. С. 4-17. doi: 10.19181/population.2022.25.3.1
4. Еругина М.В., Кром И.Л., Сазанова Г.Ю., Еремина М.Г., Шигаев Н.Н., Долгова Е.М., Коваленко Е.В. Тенденции демографических показателей населения Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2023. № 3. С. 79-88. doi: 10.24412/2312-2935-2023-1-79-88
5. Thomas RK. *Concepts, Methods and Practical Applications in Applied Demography*. Springer Int Publ.; 2018. doi: 10.1007/978-3-319-65439-3
6. Гареева И.А. Социальная обусловленность репродуктивного поведения населения // Власть и управление на Востоке России. 2023. № 1 (102). С. 101-110. doi: 10.22394/1818-4049-2023-102-1-101-110
7. Баранов А.В., Мордовский Э.А., Санников А.Л. и др. Динамика демографической ситуации и состояние репродуктивного здоровья населения циркумполярного региона Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023. № 5. С. 1003-1011. doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-5-1003-1010
8. Гудкова Т.Б. Репродуктивные намерения россиян: мотивация и сдерживающие факторы // Демографическое обозрение. 2019. № 4. С. 83-103. doi: 10.17323/demreview.v6i4.10428
9. Петрова Н.Г., Зимина В.Г. Репродуктивные установки населения и влияющие на них факторы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2024. Т. 19. Вып. 1. С. 45-53. doi: 10.21638/spbu11.2024.104
10. Gruskin S, Zacharias K, Jardell W, Ferguson L, Khosla R. Inclusion of human rights in sexual and reproductive health programming: Facilitators and barriers to implementation. *Glob Public Health*. 2021;16(10):1559-1575. doi: 10.1080/17441692.2020.1828986
11. Шарыпова С.Ю. Поведенческие факторы репродуктивного здоровья россиян // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. №11. С. 24-31. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-24-31
12. Anholt RRRH, O'Grady P, Wolfner MF, Harbison ST. Evolution of reproductive behavior. *Genetics*. 2020;214(1):49-73. doi: 10.1534/genetics.119.302263
13. Геворкян М.А., Манухин И.Б., Манухина Е.И., Тихомиров А.Л., Каракашян Н.Р. Инновационный подход к выбору гормонального контрацептива // Акушерство и гинекология. 2016. №11. С. 143-147. doi: 10.18565/aig.2016.11.143-7
14. Ростовская Т.К., Золотарева О.А. Оценка значимости мер демографической политики в области рождаемости: мнения мужчин и женщин России // Женщина в российском обществе. 2021. № 3. С. 47-52. doi: 10.21064/WinRS.2021.3.4
15. Барбарук Ю.В. Репродуктивное поведение и репродуктивные установки женщин среднего и позднего детородных возрастов в условиях Крайнего Севера (на примере Магаданской области) // Арктика и Север. 2024. № 56. С. 146-161. doi: 10.37482/issn2221-2698.2024.56.146
16. Армашевская О.В., Соколовская Т.А., Сененко А.Ш. Современные приоритеты контрацептивного поведения российских женщин трудоспособного возраста (по данным выборочного исследования) // Акушерство и гинекология. 2021. № 1. С. 164-169 doi: 10.18565/aig.2021.1.164-169
17. Balakrishnan P, Kroiss C, Keskes T, Friedrich B. Perception and use of reversible contraceptive methods in Germany: A social listening analysis. *Womens Health (Lond)*. 2023;19:17455057221147390. doi: 10.1177/17455057221147390
18. Pannain GD, Brum VOR, Abreu MMA, Lima GB. Epidemiological survey on the perception of adverse effects in women using contraceptive methods in Brazil. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2022;44(1):25-31. doi: 10.1055/s-0041-1741410
19. Palma F, Costa AR, Neves J, et al. Perception of oral contraception – do women think differently from gynaecologists? *Eur J Contracept Reprod Health Care*. 2023;28(2):125-131. doi: 10.1080/13625187.2023.2185482
20. Moreau C, Bouyer J, Goulard H, Bajos N. The remaining barriers to the use of emergency contraception: Perception of pregnancy risk by women undergoing induced abortions. *Contraception*. 2005;71(3):202-207. doi: 10.1016/j.contraception.2004.09.004
21. Yee LM, Simon MA. The role of health literacy and numeracy in contraceptive decision-making for urban Chicago women. *J Community Health*. 2014;39(2):394-399. doi: 10.1007/s10900-013-9777-7
22. Kilfoyle KA, Vitko M, O'Connor R, Bailey SC. Health literacy and women's reproductive health: A systematic review. *J Womens Health (Larchmt)*. 2016;25(12):1237-1255. doi: 10.1089/jwh.2016.5810
23. Мордовский Э.А., Санников А.Л., Баранов А.В. и др. Грамотность в вопросах здоровья населения циркумполярного региона Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. Т. 30. № 6. С. 1295-1301. doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-6-1295-1301
24. Laar AS, Harris ML, Thomson C, Loxton D. Perspectives on barriers to traditional sources of sexual and reproductive health information and services: Are mHealth technologies the answer? *Health Promot Perspect*. 2024;14(3):258-267. doi: 10.34172/hpp.42607

25. Blanc Molina A, Rojas Tejada AJ. Uso del preservativo, número de parejas y debut sexual en jóvenes en coito vaginal, sexo oral y sexo anal [Condom use, number of partners and sexual debut in young people in penile-vaginal intercourse, oral sex and anal sex]. *Rev Int Androl*. 2018;16(1):8-14. doi: 10.1016/j.androl.2017.02.009
 26. Křepelka P, Fait T, Urbánková I, Hanáček J, Krofta L, Dvořák V. Risky sexual behaviour and contraceptive use among young women in the Czech Republic. *Cent Eur J Public Health*. 2020;28(1):3-12. doi: 10.21101/cejph.a5823
 27. Norton A, Tappis H. Sexual and reproductive health implementation research in humanitarian contexts: A scoping review. *Reprod Health*. 2024;21(1):64. doi: 10.1186/s12978-024-01793-2
- REFERENCES**
1. Kalachikova ON, Korolenko AV, Bobrova AG. Demographic development of Russia and Belarus in the 21st century in the context of the introduction of the active longevity concept. *Problemy Razvitiya Territorii*. 2021;25(1):29-51. (In Russ.) doi: 10.15838/ptd.2021.1.111.2
 2. Shcherbakova EM. Population dynamics in Russia in the context of global trends. *Studies on Russian Economic Development*. 2022;33(4):409-421. doi: 10.1134/s1075700722040098
 3. Ildarkhanova ChI, Ibragimova AA, Abdulzyanov AR. Dynamics of the natural movement of the population as a threat to the demographic security of Russia. *Narodonaselenie*. 2022;25(3):4-17. (In Russ.) doi: 10.19181/population.2022.25.3.1
 4. Yerugina MV, Krom IL, Sazanova GYu, et al. The population of the Russian Federation's trends in demographic indicators. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2023;(1):79-88. (In Russ.) doi: 10.24412/2312-2935-2023-1-79-88
 5. Thomas RK. *Concepts, Methods and Practical Applications in Applied Demography*. Springer Int Publ.; 2018. doi: 10.1007/978-3-319-65439-3
 6. Gareeva IA. Social conditioning of reproductive behavior of the population. *Vlast' i Upravlenie na Vostoke Rossii*. 2023;(1(102)):101-110. (In Russ.) doi: 10.22394/1818-4049-2023-102-1-101-110
 7. Baranov AV, Mordovsky EA, Sannikov AL, et al. The dynamics of demographic situation and state of reproductive health of population of circumpolar region of the Russian Federation. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2023;31(5):1003-1010. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-5-1003-1010
 8. Gudkova TB. Fertility intentions in Russia: Motivation and constraints. *Demographic Review*. 2019;6(4):83-103. (In Russ.) doi: 10.17323/demreview.v6i4.10428
 9. Petrova NG, Zimina VG. Reproductive settings of the population and factors affecting them. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Meditsina*. 2024;19(1):45-53. (In Russ.) doi: 10.21638/spbu11.2024.104
 10. Gruskin S, Zacharias K, Jardell W, Ferguson L, Khosla R. Inclusion of human rights in sexual and reproductive health programming: Facilitators and barriers to implementation. *Glob Public Health*. 2021;16(10):1559-1575. doi: 10.1080/17441692.2020.1828986
 11. Sharypova SYu. Behavioral factors of reproductive health in Russians. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(11):24-31. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-24-31
 12. Anholt RRH, O'Grady P, Wolfner MF, Harbison ST. Evolution of reproductive behavior. *Genetics*. 2020;214(1):49-73. doi: 10.1534/genetics.119.302263
 13. Gevorkyan MA, Manukhin IB, Manukhina EI, Tikhomirov AL, Karakashyan NR. An innovative approach to choosing a hormonal contraceptive. *Akusherstvo i Ginekologiya*. 2016;(11):143-147. (In Russ.) doi: 10.18565/aig.2016.11.143-7
 14. Rostovskaya TK, Zolotareva OA. Assessment of the demographic policy measures importance in the field of fertility: Opinions of men and women in Russia (based on a sociological research). *Zhenshchina v Rossiyskom Obshchestve*. 2021;(3):47-52. (In Russ.) doi: 10.21064/WinRS.2021.3.4
 15. Barbaruk YuV. Reproductive behavior and reproductive attitudes of women of middle and late childbearing age in the Far North (on the example of the Magadan Oblast). *Arktika i Sever*. 2024;(56):146-161. (In Russ.) doi: 10.37482/issn2221-2698.2024.56.146
 16. Armashevskaya OV, Sokolovskaya TA, Senenko ASH. The current priorities of contraceptive behavior in Russian able-bodied women (according to a sampling study). *Akusherstvo i Ginekologiya*. 2021;(1):164-169. (In Russ.) doi: 10.18565/aig.2021.1.164-169
 17. Balakrishnan P, Kroiss C, Keskes T, Friedrich B. Perception and use of reversible contraceptive methods in Germany: A social listening analysis. *Womens Health (Lond)*. 2023;19:17455057221147390. doi: 10.1177/17455057221147390
 18. Pannain GD, Brum VOR, Abreu MMA, Lima GB. Epidemiological survey on the perception of adverse effects in women using contraceptive methods in Brazil. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2022;44(1):25-31. doi: 10.1055/s-0041-1741410
 19. Palma F, Costa AR, Neves J, et al. Perception of oral contraception – do women think differently from gynaecologists? *Eur J Contracept Reprod Health Care*. 2023;28(2):125-131. doi: 10.1080/13625187.2023.2185482
 20. Moreau C, Bouyer J, Goulard H, Bajos N. The remaining barriers to the use of emergency contraception: Perception of pregnancy risk by women undergoing induced abortions. *Contraception*. 2005;71(3):202-207. doi: 10.1016/j.contraception.2004.09.004
 21. Yee LM, Simon MA. The role of health literacy and numeracy in contraceptive decision-making for urban Chicago women. *J Community Health*. 2014;39(2):394-399. doi: 10.1007/s10900-013-9777-7
 22. Kilfoyle KA, Vitko M, O'Connor R, Bailey SC. Health literacy and women's reproductive health: A systematic review. *J Womens Health (Larchmt)*. 2016;25(12):1237-1255. doi: 10.1089/jwh.2016.5810
 23. Mordovsky EA, Sannikov AL, Baranov AV, et al. The competence in health issues of population of circumpolar region of the Russian Federation. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2022;30(6):1295-1301. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-6-1295-1301
 24. Laar AS, Harris ML, Thomson C, Loxton D. Perspectives on barriers to traditional sources of sexual and reproductive health information and services: Are mHealth technologies the answer? *Health Promot Perspect*. 2024;14(3):258-267. doi: 10.34172/hpp.42607
 25. Blanc Molina A, Rojas Tejada AJ. Uso del preservativo, número de parejas y debut sexual en jóvenes en coito vaginal, sexo oral y sexo anal [Condom use, number of partners and sexual debut in young people in penile-vaginal intercourse, oral sex and anal sex]. *Rev Int Androl*. 2018;16(1):8-14. doi: 10.1016/j.androl.2017.02.009
 26. Křepelka P, Fait T, Urbánková I, Hanáček J, Krofta L, Dvořák V. Risky sexual behaviour and contraceptive use among young women in the Czech Republic. *Cent Eur J Public Health*. 2020;28(1):3-12. doi: 10.21101/cejph.a5823

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-29-39>
Original Research Article

27. Norton A, Tappis H. Sexual and reproductive health implementation research in humanitarian contexts:

A scoping review. *Reprod Health*. 2024;21(1):64. doi: 10.1186/s12978-024-01793-2

Сведения об авторах:

Мордовский Эдгар Артурович – д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья, здравоохранения и социальной работы ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: isphamea@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2346-9763>.

✉ **Куделина** Ольга Владимировна – д.м.н., доцент, профессор кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: koudelina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2921-3272>.

Игнатова Ольга Анатольевна – к.м.н., доцент кафедры общественного здоровья, здравоохранения и социальной работы ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: ignatova0370@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0588-7378>.

Санников Анатолий Леонидович – д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья, здравоохранения и социальной работы ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: jsannikov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0405-659X>.

Хромова Анна Владимировна – к.м.н., доцент кафедры медицинской биологии и генетики ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: medbio@nsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6440-4061>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Мордовский Э.А.*, обзор литературы: *Куделина О.В.*; сбор данных, статистическая обработка материала: *Игнатова О.А.*, *Хромова А.В.*; интерпретация данных: *Мордовский Э.А.*, *Куделина О.В.*, *Санников А.Л.*; подготовка проекта рукописи: *Мордовский Э.А.*, *Куделина О.В.*, *Игнатова О.А.*, *Санников А.Л.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено решением независимого междисциплинарного Комитета по этике ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 07/10-23 от 18.10.2023). Все респонденты подписывали информированное согласие.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 03.09.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

Edgar A. **Mordovsky**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Public Health, Healthcare and Social Work, Northern State Medical University; e-mail: isphamea@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2346-9763>.

✉ Olga V. **Kudelina**, Dr. Sci. (Med.), docent; Professor, Department of Healthcare Organization and Public Health, Siberian State Medical University; e-mail: koudelina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2921-3272>.

Olga A. **Ignatova**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Public Health, Healthcare and Social Work, Northern State Medical University; e-mail: ignatova0370@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0588-7378>.

Anatoly L. **Sannikov**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Public Health, Healthcare and Social Work, Northern State Medical University; e-mail: jsannikov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0405-659X>.

Anna V. **Khromova**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Medical Biology and Genetics, Northern State Medical University; e-mail: medbio@nsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6440-4061>.

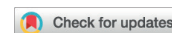
Author contributions: study conception and design: *Mordovsky E.A.*; bibliography compilation and referencing: *Kudelina O.V.*; data collection and statistical analysis: *Ignatova O.A.*, *Khromova A.V.*; data interpretation: *Mordovsky E.A.*, *Kudelina O.V.*, *Sannikov A.L.*; draft manuscript preparation: *Mordovsky E.A.*, *Kudelina O.V.*, *Gamirova K.A.*, *Ignatova O.A.*, *Sannikov A.L.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Study approval was provided by the Independent Multidisciplinary Ethics Committee of the Northern State Medical University (protocol No. 07/10-23 of October 18, 2023). Written informed consent was obtained from all participants.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 3, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Изучение многолетней динамики контаминации воды *Enterovirus* в Российской Федерации

Г.Г. Бадамшина^{1,2}, Л.Ф. Гафарова^{1,3}, Г.М. Трухина⁴, Е.А. Попцова⁵,
А.В. Гончарова¹, Н.Н. Зайцева⁶, А.В. Полянина⁶

¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)» Роспотребнадзора,
ул. Сеченова, д. 13а, г. Казань, 420061, Российская Федерация

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

³ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация

⁴ ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, 141014, г. Мытищи, Российская Федерация

⁵ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Марий Эл» Роспотребнадзора,
ул. Машиностроителей, д. 121, г. Йошкар-Ола, 424007, Российская Федерация

⁶ ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. академика
И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора, ул. Малая Ямская, д. 71, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

Резюме

Введение. Заболеваемость энтеровирусной инфекцией в РФ в последние годы имеет тенденцию к росту. Эффективное выявление *Enterovirus* в воде различных источников, как фактора риска передачи инфекции, является важной мерой по контролю за заболеваемостью и эпидемиологическим неблагополучием по энтеровирусной инфекции.

Цель исследования: изучение контаминации воды различных водных объектов *Enterovirus* как фактора риска заболеваемости энтеровирусной инфекцией.

Материалы и методы. В течение 2014–2023 гг. учреждениями Роспотребнадзора отобраны пробы воды ($n = 295630$) различных водных объектов (централизованного водоснабжения, нецентрализованного водоснабжения, поверхностных водных источников, сточная вода). Пробы воды на предмет контаминации энтеровирусами были исследованы культуральным и методом амплификации нуклеиновых кислот. Статистическая обработка результатов проведена с применением программного обеспечения R.

Результаты. Обнаружена статистически значимая тенденция к снижению показателя контаминации *Enterovirus* поверхностных водных объектов ($r = -0,86$, $p = 0,002$) и сточной воды ($r = -0,91$, $p < 0,001$). Однофакторный линейный регрессионный анализ не выявил статистически значимого влияния факторов «контаминация воды централизованного водоснабжения», «контаминация воды нецентрализованного водоснабжения», «контаминация воды поверхностных водных источников», «контаминация сточной воды» на показатели заболеваемости энтеровирусной инфекцией.

Заключение. Снижение уровня контаминации *Enterovirus* в питьевой воде свидетельствует об эффективности проводимых в Российской Федерации профилактических мероприятий в рамках надзора за энтеровирусной инфекцией и о необходимости дальнейшего изучения инфекционной заболеваемости и проведения вирусологического мониторинга за безопасностью различных водных объектов.

Ключевые слова: микрофлора воды, вирусы, контаминация, эпидемиологическое неблагополучие, *Enterovirus*, факторы риска, энтеровирусная инфекция.

Для цитирования: Бадамшина Г.Г., Гафарова Л.Ф., Трухина Г.М., Попцова Е.А., Гончарова А.В., Зайцева Н.Н., Полянина А.В. Изучение многолетней динамики контаминации воды *Enterovirus* в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 40–50. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-40-50

Long-Term Dynamics of *Enterovirus* Contamination of Water Environment in the Russian Federation

Gulnara G. Badamshina,^{1,2} Lyaysan F. Gafarova,^{1,3} Galina M. Trukhina,⁴ Elena A. Poptsova,⁵
Anna V. Goncharova,¹ Natalya N. Zaitseva,⁶ Anastasia V. Polyamina⁶

¹ Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan, 13a Sechenov Street, Kazan, 420061, Russian Federation

² Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

³ Kazan (Volga Region) Federal University, 18 Kremlevskaya Street, Kazan, 420008, Russian Federation

⁴ F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 2 Semashko Street, Mytishchi, 141014, Russian Federation

⁵ Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Mari El,
121 Mashinostroiteley Street, Yoshkar-Ola, 424007, Russian Federation

⁶ Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology,
71 Malaya Yamskaya Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

Summary

Introduction: The incidence of enterovirus infections in the Russian Federation has been increasing recently. Effective detection of enteric viruses in water from various sources as a risk factor for disease transmission is important for its control.

Objective: To study *Enterovirus* contamination of water environment as a risk factor for enteric diseases.

Materials and methods: In 2014–2023, institutions of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) collected 295,630 water samples from centralized and decentralized water supply systems, surface water sources, and wastewater. The samples were tested for enteric viruses using the culture method and nucleic acid amplification. The results were statistically analyzed using the R software.

Results: We observed a statistically significant trend toward a decrease in the *Enterovirus* contamination rate of surface water bodies ($r = -0.86$, $p = 0.002$) and wastewater ($r = -0.91$, $p < 0.001$). A univariate linear regression analysis did not reveal a statistical effect of such factors as contamination of centralized water supply, decentralized water supply, surface water sources, and wastewater on the incidence of enteric infections.

Conclusions: The decrease in the level of drinking water contamination with enteroviruses demonstrates the effectiveness of preventive measures taken in the Russian Federation as part of the enteric disease surveillance and the relevance of further studies of infectious disease rates and continuous monitoring of biosafety of various water bodies.

Keywords: water microbiota, viruses, contamination, biological safety, *Enterovirus*, risk factors, enteric diseases.

Cite as: Badamshina GG, Gafarova LF, Trukhina GM, Poptsova EA, Goncharova AV, Zaitseva NN, Polyanina AV. Long-term dynamics of *Enterovirus* contamination of water environment in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):40–50. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-40-50

Введение. Энтеровирусы – вирусы семейства пикорновирусов III–IV группы патогенности¹, возбудители энтеровирусных инфекций (ЭВИ), острых инфекционных заболеваний, которые могут поражать детей и взрослых [1]. Существует 15 видов и более 100 типов *Enterovirus*, из которых наиболее известны вирусы полиомиелита, Коксаки, ECHO и риновирусы, реализующие в основном фекально-оральный и контактный механизм передачи [2]. Полиомиелит является наиболее опасным заболеванием, вызываемым *Enterovirus C* (Poliovirus тип 1, тип 2 и тип 3) характеризующимся поражением нервной системы и параличом² [1].

Сегодня полиомиелит в основном поражает детей младше 5 лет в странах с неудовлетворительной инфраструктурой водоснабжения, гигиены и санитарией^{2,3} [3]. Полиомиелит представляет опасность и для населения с низким уровнем вакцинации, в том числе в промышленно развитых странах [4].

В 1988 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) приняла резолюцию, ознаменовав начало Глобальной инициативы по ликвидации полиомиелита^{2,3} [2, 5], что к 2024 г. позволило более чем на 99,0 % снизить показатели заболеваемости данной инфекцией² [2]. Однако, несмотря на достигнутый прогресс начатых под руководством ВОЗ мероприятий по ликвидации полиомиелита³ [5], включающих проведение вакцинации, мониторинга за контаминацией системы водоснабжения и другие, в настоящее время сохраняется эндемичная передача дикого полиовируса (ДПВ) I типа в двух странах: Афганистане и Пакистане^{2,3,4} [2, 5, 6]. По данным ВОЗ в 2024 г., на этих территориях наблюдается ухудшение эпидемиологической ситуации, что создает риски международного распространения ДПВ². Так, 24 декабря 2024 г. региональная референс-лаборатория по искоренению полиомиелита

при Национальном институте здравоохранения сообщила о выявлении в Пакистане 65 случаев заражения ДПВ I типа⁵.

Несмотря на то что искоренение полиомиелита является огромным достижением мирового здравоохранения, одной из значимых проблем на завершающем этапе ликвидации полиомиелита является циркуляция полиовирусов (ПВ) вакцинного происхождения³. Полиовирусы вакцинного происхождения (ПВВП) возвращаются к нейровирулентности и трансмиссивности дикого типа или могут рекомбинировать, вызывая заболевание [3]. Так, в 2022 г. центр по контролю и профилактике заболеваний (CDC) в США был уведомлен о случае заболевания полиомиелитом у невакцинированного человека, вызванным ПВВП II типа [1].

В Российской Федерации с 2002 г. по настоящее время поддерживается статус страны, свободной от полиомиелита, РФ в составе Европейского региона получила сертификат ВОЗ о ликвидации полиомиелита³. Несмотря на элиминацию *Poliovirus*, в РФ имеют место ЭВИ, вызванные другими видами и типами *Enterovirus*. По данным государственного доклада «О санитарно-эпидемиологическом благополучии ...»⁶, в РФ в 2024 г. наблюдается превышение среднесного показателя заболеваемости полиомиелитом в 1,5 раза (СМП 14,7 против 9,5 на 100 тысяч населения за предшествующий период), а очаги ЭВИ занимают 2-е место в общей структуре – 24,9 % (178 очагов), в 2 раза превысив уровень прошлого года (13,1 %, 80 очагов) и в 3 раза – СМП (8,7 %; 55,3 очага)⁶.

В США ежегодно происходит от 10 до 15 миллионов заражений различными типами энтеровирусов, не относящимися к полиовирусам⁷. В разные годы вирусом Коксаки были обусловлены вспышки конъюнктивита, ящура, вирусного менингита

¹ СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 626 с.

² World Health Organization. Poliomyelitis (polio). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/health-topics/poliomyelitis#tab=tab_1 (дата обращения: July 14, 2025).

³ ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора. Полиомиелит. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cgon.rosпотребнадзор.ru/naseleniyu/infektsionnye-i-parazitarnye-zabolevaniya/infektsii-ot-a-do-ya/poliomielit/> (дата обращения: 15.07.2025).

⁴ Центр по контролю и профилактике инфекционных заболеваний. Достижения в борьбе с полиомиелитом – Афганистан, январь 2022 г. – июнь 2023 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.7fadf532-6876717c-db472fae-74722d776562/https/www.cdc.gov/mmwr/volumes/72/wr/mm7238a1.htm (дата обращения: 15.07.2025).

⁵ Портал информационной системы Координационно-аналитического центра по обеспечению химической и биологической безопасности. В Пакистане в 2024 году зарегистрировано 65 случаев полиомиелита, вызванного диким полиовирусом 1-го типа [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cbs.minzdrav.gov.ru/public/news/417/view> (дата обращения: 15.07.2025).

⁶ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с.

⁷ Центр по контролю и профилактике инфекционных заболеваний. Вспышки энтеровируса, не связанного с полиомиелитом. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cdc.gov/non-polio-enterovirus/outbreak-surveillance/index.html> (дата обращения: 14.07.2025).

и респираторных заболеваний, а также описаны случаи неврологических заболеваний, связанных с инфицированием энтеровирусом А71 7.

В стратегическом плане по искоренению полиомиелита ВОЗ определила мониторинг полиовируса в окружающей среде как одно из важнейших мероприятий по надзору за полиомиелитом [4]. Отбор образцов сточных вод для мониторинга ПВ позволяет изучать неполиомиелиты (НПЭВ), имеющие широкое распространение и циркулирующие среди исследуемой популяции [4].

В Российской Федерации эпидемиологический надзор за ЭВИ осуществляется в рамках реализации Плана действий по поддержанию статуса страны, свободной от полиомиелита. Работа по профилактике и эпидемиологическому надзору за ЭВИ в 2024 г. проводится в соответствии с ведомственной Программой «Эпидемиологический надзор и профилактика ЭВИ на 2023–2027 гг.»⁸. Эффективное выявление *Enterovirus* в воде различных источников как фактор риска передачи инфекции, является важной мерой по контролю за заболеваемостью ЭВИ.

В связи с указанным, целью исследования явилось изучение контаминации воды различных водных объектов *Enterovirus*, как факторов риска заболеваемости энтеровирусной инфекцией.

Материалы и методы. В течение 2014–2023 гг. учреждениями Роспотребнадзора в соответствии с действующими методическими документами^{9,10},

Программой мониторинга объектов окружающей среды, а также в рамках программы производственного контроля были отобраны пробы воды различных водных сред ($n = 295\ 630$). Объем количества исследований по методам в зависимости от видов водных сред представлен в таблице 1. Исследования проб воды были проведены в 89 субъектах Российской Федерации в аккредитованных в Национальной системе аккредитации лабораториях Центров гигиены и эпидемиологии в субъектах РФ. Вода отобранных проб доставлена с соблюдением требований по доставке; в лабораториях проведено предварительное концентрирование вирусов в соответствии с действующими методиками¹¹.

Пробы воды были исследованы согласно действующим документам^{12,13} классическими методами вирусологии на наличие энтеровирусов (*Enterovirus*); молекулярно-генетическими методами (методом амплификации нуклеиновых кислот (МАНК) на наличие РНК *Enterovirus*. Для проведения МАНК использованы тест-системы преимущественно производства ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора («АмплиСенс® Enterovirus-FL»), среды ООО «БиолоТ» (питательная среда «Игла MEM» с использованием клеточных культур, чувствительных к вирусам полиомиелита). Аналитическая чувствительность наборов реагентов на основе МАНК составляла от 5×10^3 геномных эквивалентов на миллилитр. Результаты исследований учтены в форме Федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном

Таблица 1. Объем исследованных проб воды различных водных объектов в РФ за 2014–2023 гг.

Table 1. The number of tested water samples taken from various water bodies of the Russian Federation in 2014–2023

Годы/ Years	Централизованное водоснабжение / Centralized water supply		Нецентрализованное водоснабжение / Decentralized water supply		Поверхностные водные источники / Surface water sources		Сточная вода / Wastewater		Итого / Total	
	МАНК / NAAT	Культура / Culture	МАНК / NAAT	Культура / Culture	МАНК / NAAT	Культура / Culture	МАНК / NAAT	Культура / Culture	МАНК / NAAT	Культура / Culture
2014	5341	1431	570	83	5499	1129	9386	9870	20796	12513
2015	6629	1440	510	84	7132	1416	11731	9546	26002	12486
2016	7783	1867	455	34	8049	1855	13341	12012	29628	15768
2017	8813	2297	496	20	8216	1550	13404	12217	30929	16084
2018	8632	1398	245	3	9673	1281	14453	13346	33003	16028
2019	10216	1115	529	44	8478	1371	16459	12365	35682	14895
2020	4586	852	253	27	6361	806	11720	11453	22920	13138
2021	6768	1119	233	3	6501	1219	11687	13531	25189	15872
2022	8589	825	426	2	8769	564	13630	14520	31414	15911
2023	10427	1385	740	14	10599	1176	18301	16512	40067	19087
Итого / Total	77784	13729	4457	314	79277	12367	134112	125372	295630	151782

Abbreviation for tables and figures: NAAT, nucleic acid amplification test.

⁸ ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора. Полиомиелит. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cgon.rospotrebnadzor.ru/naseleniyu/infektsionnye-i-parazitarnye-zabolevaniya/infektsii-ot-a-do-ya/polioimielit/> (дата обращения: 15.07.2025).

⁹ МУК 4.2.2029–05 «Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-вирусологический контроль водных объектов». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 38 с.

¹⁰ МУК 4.2.2746–10 «Порядок применения молекулярно-генетических методов при обследовании очагов острых кишечных инфекций с групповой заболеваемостью». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 16 с.

¹¹ СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 626 с.

¹² World Health Organization. Poliomyelitis (polio). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/health-topics/poliomyelitis#tab=tab_1 (дата обращения: July 14, 2025).

¹³ ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора. Полиомиелит. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cgon.rospotrebnadzor.ru/naseleniyu/infektsionnye-i-parazitarnye-zabolevaniya/infektsii-ot-a-do-ya/polioimielit/> (дата обращения: 15.07.2025).

состоянии субъекта Российской Федерации». Пробы воды, не соответствующие санитарно-гигиеническим нормативам по наличию вирусов, обозначены как «нестандартные пробы» (н/с)¹⁴. После обнаружения нестандартных проб проведены соответствующие санитарно-противоэпидемические мероприятия.

Результаты исследований учтены в форме Федерального статистического наблюдения по РФ № 2.23 «Сведения о деятельности лабораторий санитарно-гигиенического, микробиологического и паразитологического профиля федеральных бюджетных учреждений здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии». Первичные данные были собраны и получены на базе ФБУЗ «ФЦГиЭ» Роспотребнадзора, а также на базе Центров гигиены и эпидемиологии отдельных субъектов Российской Федерации.

Обработка полученных результатов проведена с использованием Microsoft Office v. 2016 и программного обеспечения R, 95 % ДИ для доли обнаруживаемых нестандартных проб рассчитывали с помощью функции BinomCI по методу Уилсона с использованием пакета библиотек DescTools. При отсутствии действия закона нормальности распределения статистическую значимость контаминации проб, обнаруженных при проведении МАНК и культурального метода, определяли с помощью точного критерия Фишера (F -тест). Оценку значимости тренда к снижению (увеличению) доли проб воды проводили с использованием метода Манна – Кендалла с использованием функции Mann – Kendall программного обеспечения R. Тренд считался значимым при уровне значимости $p < 0,05$.

Для оценки возможной взаимосвязи между переменными использован линейный регрессионный анализ. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Показатели заболеваемости учитывали исходя из данных, представленных в государственном докладе «О санитарно-эпидемиологическом благо-

получии...»¹⁵. В многофакторные модели вводились как отдельные переменные (контаминация воды централизованного водоснабжения (ЦВ), контаминация воды нецентрализованного водоснабжения (НЦВ), контаминация воды поверхностных водных источников (ПВИ) или поверхностных водных объектов (ПВО), контаминация сточной воды (СВ)), так и их попарные взаимодействия.

Результаты. Результаты исследований, проведенных разными методами, воды различных водных объектов представлены в таблицах 2–5.

Медиана удельного веса проб воды, контаминированной *Enterovirus* по результатам исследования МАНК для воды централизованного водоснабжения за период 2014–2023 гг. составила 0,10 % проб (Q_1 – Q_3 : 0,05–0,20), по результатам исследования культуральным методом – 0,06 % проб (Q_1 – Q_3 : 0,00–0,34) (табл. 2).

Медиана удельного веса проб воды, контаминированной *Enterovirus* по результатам исследования МАНК для воды нецентрализованного водоснабжения за период 2014–2023 гг. составила 0,10 % проб (Q_1 – Q_3 : 0,00–0,34) (табл. 3).

Медиана удельного веса проб воды, контаминированной *Enterovirus* по результатам исследования МАНК для воды поверхностных водных объектов за период 2014–2023 гг. составила 0,36 % проб (Q_1 – Q_3 : 0,12–0,84), по результатам исследования культуральным методом – 0,30 % проб (Q_1 – Q_3 : 0,02–0,52) (табл. 4).

Показатели контаминации сточной воды *Enterovirus* были выше по данным МАНК по сравнению с данными культурального метода (табл. 5).

Обнаружена статистически значимая тенденция к снижению показателя выявленной МАНК контаминации *Enterovirus* ПВИ ($r = -0,86$, $p = 0,002$), СВ ($r = -0,91$, $p < 0,001$). Между контаминацией воды поверхностных водных объектов и сточной водой обнаружена сильная прямая корреляционная связь ($r = -0,92$, $p < 0,001$). Показатели проб воды ЦВ

Таблица 2. Показатели контаминации воды централизованного водоснабжения по наличию *Enterovirus* за 2014–2023 гг.

Table 2. *Enterovirus* contamination of centralized water supply in 2014–2023

Годы/ Years	МАНК / NAAT									Культуральный метод / Culture method		
	положительные пробы / positive samples			из них полиовирусы / of which polioviruses			из них неполовиоэнтеровирусы / of which non-polio enteroviruses			положительные пробы / positive samples		
	n	%	95 % ДИ / 95 % CI	n	%	95 % ДИ / 95 % CI	n	%	95 % ДИ / 95 % CI	n	%	95 % ДИ / 95 % CI
2014	212	3,97	3,46–4,53	1	0,02	0,00–0,10	211	3,95	3,44–4,51	6	0,42	0,15–0,91
2015	14	0,21	0,12–0,35	0	0,00	0,00–0,06	14	0,21	0,12–0,35	1	0,07	0,00–0,39
2016	17	0,22	0,13–0,35	0	0,00	0,00–0,05	17	0,22	0,13–0,35	73	3,91	3,08–4,89
2017	9	0,10	0,05–0,19	0	0,00	0,00–0,04	9	0,10	0,05–0,19	1	0,04	0,00–0,24
2018	15	0,17	0,10–0,29	9	0,10	0,05–0,20	6	0,07	0,03–0,15	0	0,00	0,00–0,26
2019	8	0,08	0,03–0,15	0	0,00	0,03–0,15	8	0,08	0,03–0,15	1	0,09	0,00–0,50
2020	0	0,00	0,00–0,08	0	0,00	0,00–0,08	0	0,00	0,00–0,08	0	0,00	0,00–0,43
2021	3	0,04	0,01–0,13	0	0,00	0,00–0,05	3	0,04	0,01–0,13	0	0,00	0,00–0,33
2022	8	0,09	0,04–0,18	0	0,00	0,00–0,04	8	0,09	0,04–0,18	0	0,00	0,00–0,45
2023	3	0,03	0,01–0,08	0	0,00	0,00–0,04	3	0,03	0,01–0,08	15	1,08	0,61–1,78

¹⁴ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2022. 668 с.

¹⁵ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с.

Таблица 3. Показатели контаминации воды нецентрализованного водоснабжения по наличию *Enterovirus* за 2014–2023 гг.**Table 3. *Enterovirus* contamination of decentralized water supply in 2014–2023**

Годы/ Years	МАНК / NAAT									Культуральный метод / Culture method		
	положительные пробы / positive samples			из них полиовирусы / of which polioviruses			из них неполиоэнтеновирусы / of which non-polio enteroviruses			положительные пробы / positive samples		
	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI
2014	0	0,00	0,00–0,65	0	0,00	0,00–0,65	0	0,00	0,00–0,65	0	0,00	0,00–4,35
2015	1	0,20	0,00–1,09	0	0,00	0,00–0,72	1	0,20	0,00–1,09	0	0,00	0,00–4,30
2016	26	5,71	3,77–8,26	0	0,00	0,00–0,81	26	5,71	3,77–8,26	0	0,00	0,00–10,28
2017	1	0,20	0,01–1,12	0	0,00	0,00–0,74	1	0,20	0,01–1,12	0	0,00	0,00–16,84
2018	1	0,41	0,01–2,25	1	0,41	0,01–2,25	0	0,00	0,00–1,49	0	0,00	0,00–70,76
2019	2	0,38	0,05–1,36	0	0,00	0,00–0,69	2	0,38	0,05–1,36	0	0,00	0,00–8,04
2020	0	0,00	0,00–1,45	0	0,00	0,00–1,45	0	0,00	0,00–1,45	0	0,00	0,00–12,77
2021	0	0,00	0,00–1,57	0	0,00	0,00–1,57	0	0,00	0,00–1,57	0	0,00	0,00–70,76
2022	0	0,00	0,00–0,86	0	0,00	0,00–0,86	0	0,00	0,00–0,86	0	0,00	0,00–84,19
2023	0	0,00	0,00–0,50	0	0,00	0,00–0,50	0	0,00	0,00–0,50	0	0,00	0,00–23,16

Таблица 4. Показатели контаминации воды поверхностных водных объектов по наличию *Enterovirus* за 2014–2023 гг.**Table 4. *Enterovirus* contamination of surface water bodies in 2014–2023**

Годы / Years	МАНК / NAAT									Культуральный метод / Culture method		
	положительные пробы / positive samples			из них полиовирусы / of which polioviruses			из них неполиоэнтеновирусы / of which non-polio enteroviruses			положительные пробы / positive samples		
	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI
2014	46	0,84	0,61–1,11	2	0,036	0,00–0,13	44	0,80	0,58–1,07	23	2,04	1,30–3,04
2015	63	0,88	0,68–1,13	1	0,014	0,00–0,08	62	0,87	0,67–1,11	19	1,34	0,81–2,09
2016	67	0,83	0,65–1,06	4	0,050	0,01–1,13	63	0,78	0,60–1,00	10	0,54	0,26–0,99
2017	42	0,51	0,37–0,69	1	0,012	0,00–0,07	41	0,50	0,36–0,68	6	0,39	0,14–0,84
2018	86	0,89	0,71–1,10	2	0,021	0,00–0,07	84	0,87	0,69–1,07	6	0,47	0,17–1,02
2019	19	0,22	0,14–0,35	0	0,000	0,00–0,04	19	0,22	0,14–0,35	3	0,22	0,04–0,64
2020	1	0,02	0,00–0,09	0	0,000	0,00–0,06	1	0,02	0,00–0,09	0	0,00	0,00–0,46
2021	7	0,11	0,04–0,22	0	0,000	0,00–0,06	7	0,11	0,04–0,22	1	0,08	0,00–0,46
2022	6	0,07	0,02–0,15	0	0,000	0,00–0,04	6	0,07	0,02–0,15	0	0,00	0,00–0,65
2023	18	0,17	0,10–0,27	0	0,000	0,00–0,03	18	0,17	0,10–0,27	0	0,00	0,00–0,31

Таблица 5. Показатели контаминации сточной воды по наличию *Enterovirus* за 2014–2023 гг.**Table 5. *Enterovirus* contamination of wastewater in 2014–2023**

Годы / Years	МАНК / NAAT									Культуральный метод / Culture method		
	положительные пробы / positive samples			из них полиовирусы / of which polioviruses			из них неполиоэнтеновирусы / of which non-polio enteroviruses			положительные пробы / positive samples		
	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI	<i>n</i>	%	95 % ДИ / 95 % CI
2014	1927	20,53	19,72–21,36	247	2,63	2,32–2,98	1680	17,90	17,13–18,69	1235	12,51	11,87–13,18
2015	2026	17,27	16,59–17,97	259	2,21	1,95–2,49	1767	15,06	14,42–15,72	1030	10,79	10,17–11,43
2016	2781	20,85	20,16–21,55	244	1,83	1,61–2,07	2537	19,02	18,35–19,69	1408	11,72	8,23–9,24
2017	2013	15,018	14,42–15,63	226	1,69	1,47–1,92	1787	13,33	12,76–13,92	1266	10,36	9,83–10,92
2018	2739	18,95	18,32–19,60	299	2,07	1,81–2,31	2440	16,89	16,27–17,50	1442	10,81	10,14–11,19
2019	2527	15,35	14,81–15,91	211	1,28	1,12–1,47	2316	14,07	13,54–14,61	1277	10,328	9,80–10,88
2020	1100	9,39	8,86–9,93	87	0,74	0,59–0,91	1013	8,64	8,14–9,17	556	4,86	4,47–5,26
2021	1144	9,79	9,26–10,34	187	1,60	1,38–1,84	957	8,19	7,70–8,70	600	4,43	4,09–4,79
2022	1184	8,69	8,22–9,17	91	0,67	0,54–0,82	1093	8,02	7,57–8,49	714	4,9	4,57–5,28
2023	1397	7,63	7,25–8,03	127	0,69	0,58–0,83	1270	6,94	6,58–7,32	862	5,22	4,89–5,57

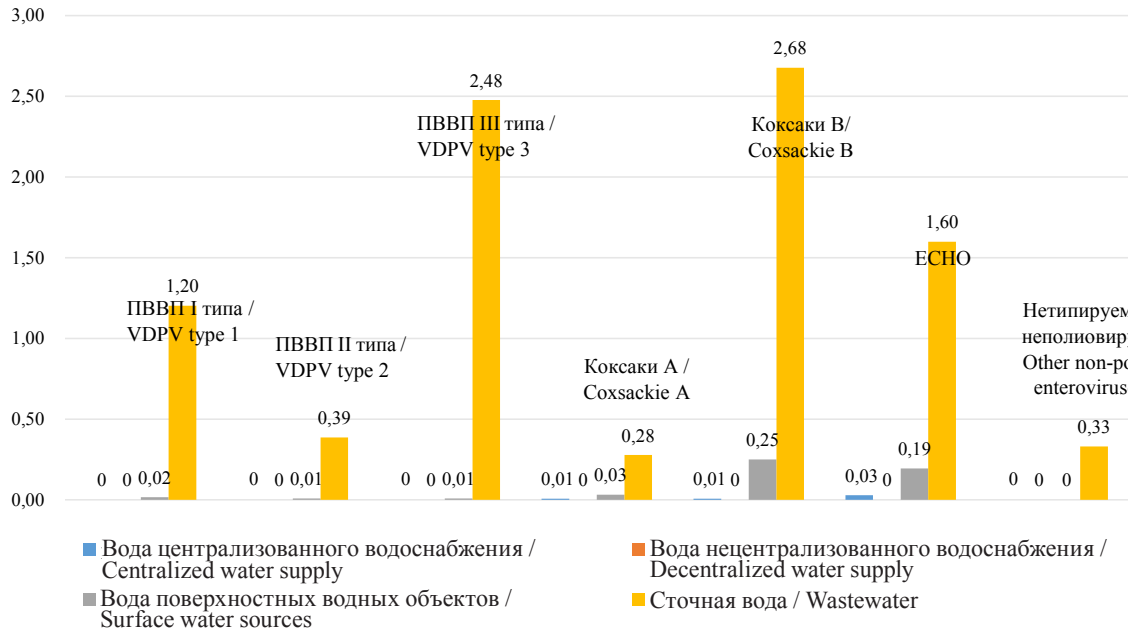
и НЦВ были сопоставимы и статистически значимо не отличались, что требует дальнейшего изучения.

Анализ структуры выявленных вирусов показал, что в структуре энтеровирусов, контаминирующих водные объекты, преобладали неполиовирусы, доля которых в воде ЦВ составила 96,5 % (95 % ДИ 93,73–98,33), в воде НЦВ – 96,8 % (95 % ДИ 83,30–99,92), в воде ПВИ – 97,2 % (95 % ДИ 94,88–98,64). Доля неполиовирусов в структуре выделенных энтеровирусов, была несколько ниже в сточной воде – 89,5 % (95 % ДИ 89,05–89,93). Распространенность различных энтеровирусов в воде представлена на рис. 1.

Наиболее разнообразный видовой состав энтеровирусов обнаруживался в СВ, из которой

в 0,39–2,48 % проб выделялись ПВВП I–III типа; в 0,28 % – 2,68 % проб энтеровирусы Коксаки А, В, ЕСНО, в 1,24 % проб – прочие нетипируемые ЦПА энтеровирусы. Вода ПВИ была контаминирована ПВВП I–III типа в 0,01–0,02 % проб, вирусами Коксаки А, В, ЕСНО – в 0,03–0,25 % проб; вода ЦВ вирусами Коксаки А, В, ЕСНО – в 0,01–0,03 % проб.

Результаты регрессионного анализа, представленные в таблице 6 свидетельствуют об отсутствии статистически значимого влияния факторов «контаминация воды централизованного водоснабжения», «контаминация воды нецентрализованного водоснабжения», «контаминация воды поверхностных водных источников», «контаминация сточной воды» на показатели заболеваемости ЭВИ.



Сокращение: ПВВП – полиовирусы вакцинного происхождения.
Abbreviation: VDPV, vaccine-derived poliovirus.

Рис. 1. Показатели распространенности энтеровирусов по типам в воде различных водных объектов в Российской Федерации в 2014–2023 гг.

Fig. 1. Type-specific prevalence of enteric viruses in various water bodies of the Russian Federation in 2014–2023

Таблица 6. Параметры однофакторных линейных регрессионных моделей развития ЭВИ от факторов риска контаминации

Table 6. Parameters of univariate linear regression models of enterovirus disease development from contamination risk factors

Фактор / Factor	b_0	b_1	R^2	F	p
<i>Контаминация воды централизованного водоснабжения / Contamination of centralized water supply</i>					
МАНК / NAAT	8,84	−0,60	0,03	130,8	0,66
Культуральный метод / Culture method	8,20	0,65	0,03	123,8	0,64
<i>Контаминация воды нецентрализованного водоснабжения / Contamination of decentralized water supply</i>					
МАНК / NAAT	8,29	0,36	0,02	125,3	0,70
Культуральный метод / Culture method	—	—	—	—	—
<i>Контаминацией воды поверхностных водных источников / Contamination of surface water sources</i>					
МАНК / NAAT	7,68	1,90	0,02	119,3	0,67
Культуральный метод / Culture method	8,76	−0,45	0,004	132,2	0,86
<i>Контаминация сточной воды / Contamination of wastewater</i>					
МАНК / NAAT	6,27	0,16	0,03	118,9	0,63
Культуральный метод / Culture method	4,22	0,53	0,13	105,2	0,31

Статистически значимого влияния заболеваемости ЭВИ на контаминацию сточных вод также обнаружено не было (рис. 2).

Обсуждение результатов. Изучению контаминации воды различных водных объектов и сточной воды посвящен ряд исследований [5–15]. В литературе в основном описана контаминация воды ПВО [8, 10, 12, 14, 15] и СВ [7, 8]. Исследованию контаминации питьевой воды отведено меньшее внимание исследователей [6, 11].

В отдельные годы в отдельных регионах РФ¹⁶ [6] в основном в рамках производственного контроля до проведения профилактических, санитарно-противоэпидемических мероприятий в питьевой воде обнаруживались неполиоэнтеровирусы. Исследование региональной структуры выявляемости энтеровирусов требует изучения с учетом санитарно-технического состояния скважин, санитарно-эпидемиологического состояния поверхностных водных источников и особенностей климатических условий, характерных для субъектов РФ.

По данным Бобун И.И. и соавторов (2016), результаты исследования проб водопроводной воды Архангельской области на энтеровирусы за 2006–2014 гг. показали, что *Enterovirus* обнаруживался в 0,4 % проб по данным культурального метода, в 1,3 % проб согласно данным МАНК [6], что несколько выше по сравнению с данными, полученными в ходе настоящего исследования что, вероятно, связано с увеличением эффективности проведения профилактических мероприятий в РФ в рамках предусмотренного законодательством мониторинга.

Отсутствие эффективности профилактических мероприятий, вероятно, приводило бы к высокой контаминации возбудителями ЭВИ различных

водных объектах и как следствие к высоким показателям заболеваемости ЭВИ. Так, в Пакистане исследованиями показано, что РНК *Enterovirus* были обнаружены 43 % в образцах водопроводной воды (г. Карачи, Пакистан) [11]. Высокий удельный вес проб, контаминированных *Enterovirus* обуславливает высокие показатели заболеваемости ЭВИ в Пакистане, о чем свидетельствуют сообщения официальных организаций 2.3.

Частота обнаружения энтеровирусов в воде поверхностных водных объектов, по данным авторов, варьировала от 0,8 %, до 25,0 % исследованных проб [8, 10, 12, 14, 15], что более чем в 1,8 раза выше частоты контаминации, полученной в ходе настоящего исследования Низкая/незначительная контаминация *Enterovirus* воды поверхностных водных объектов в РФ, по мнению авторов настоящего исследования, является следствием эффективной реализации учреждениями Роспотребнадзора и других ведомств Национального Плана действий по поддержанию свободного от полиомиелита статуса Российской Федерации. При выявлении эпидемиологических рисков, указывающих на возможное осложнение ситуации по энтеровирусной инфекции, в стране предусмотрена система санитарно-противоэпидемических мероприятий. В отдельных водоемах Российской Федерации в течение года обнаруживаются возбудители ЭВИ [8], однако в соответствии с действующим законодательством в целях предупреждения возникновения и распространения ЭВИ обеспечивается санитарно-эпидемиологическое благополучие. Об отсутствии влияния водного фактора на формирование заболеваемости ЭВИ в РФ свидетельствуют результаты регрессионного анализа, показывающие несостоятельность воздействия факторов «конта-

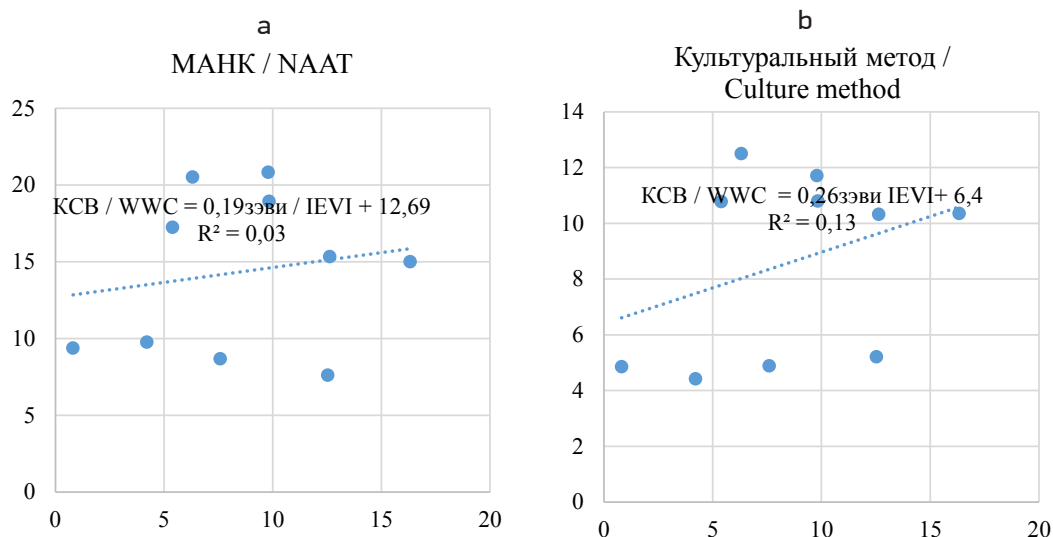


Рис. 2. Параметры однофакторных линейных регрессионных моделей контаминации сточной воды (КСВ) (обнаруженной МАНК методом (а); культуральным методом (б) в зависимости от показателя заболеваемости ЭВИ (ЗЭВИ)

Fig. 2. Parameters of univariate linear regression models of wastewater contamination (WWC) (detected using NAAT (a) and the culture method (b), depending on the incidence of enterovirus infections (IEVI)

¹⁶ Управление Роспотребнадзора по Чеченской Республике. О мерах профилактики энтеровирусной инфекции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rospotrebnadzor95.ru/article/2479> (дата обращения: 06.10.2025).

минация воды централизованного водоснабжения», «контаминация воды нецентрализованного водоснабжения», «контаминация воды поверхностных водных объектов», «контаминация сточной воды» на показатели заболеваемости ЭВИ. Отсутствие корреляционных связей указанных факторов с показателями заболеваемости ЭВИ также может быть обусловлено особенностями регистрации стертых форм и носительства возбудителей ЭВИ некоторых типов. По мнению некоторых авторов, присутствие отдельных типов *Enterovirus* в пробах сточной воды на фоне отсутствия официально зарегистрированных случаев заболеваний ЭВИ может быть связано с наличием бессимптомного носительства на территории [9]. Отсутствие влияния контаминации воды на формирование показателей заболеваемости ЭВИ, наряду с проведением эффективных профилактических мероприятий, может свидетельствовать о наличии других факторов риска заболеваний ЭВИ.

Об эффективности мероприятий, проводимых в рамках Глобальной инициативы по ликвидации полиомиелита, также свидетельствуют результаты, полученные учеными других стран. Так, в Таиланде (г. Чангмай) в одном из шести из исследованных поверхностных водных объектов зимой обнаруживались энтеровирусы в 0,8 % исследованных проб, а в структуре выявленной контаминации различными кишечными вирусами энтеровирусам была отведена самая незначительная роль [10]. Эффективность профилактических мероприятий в отношении энтеровирусов также может быть обозначена на основании данных, полученных в Сербии в водах реки Дунай и в Бразилии в реке Рио-дус-Синос, в которых *Enterovirus* не был обнаружен ни в одном из проанализированных образцов рекреационной воды (90 проб) или был обнаружен в единичном случае соответственно [14, 15].

Увеличение показателей контаминации *Enterovirus* воды поверхностных водных объектов в рамках мониторинга способствует быстрому реагированию противозидемических служб в различных странах международного сообщества. Например, приоритетным при оценке безопасности воды озера и реки Кореи (Соян и Джуам, Кым, Хан, г.г. Тэджон и Сеул) в структуре контаминирующих были энтеровирусы (на уровне 12,0 %), что потребовало не только создания систем биологического, но и химического мониторинга за вирусами, передающимися через воду [12].

Отмеченная разница в степени контаминации воды поверхностных водных объектов в зависимости от сезона, погодных условий (температуры, pH, влажности воздуха в зоне водоема), географического положения [15, 16], содержания химических соединений (нитрит) [15] требует дальнейшего изучения. Контаминация поверхностных водных объектов вирусами свидетельствует о наличии эпидемиологической опасности возникновения спорадической и вспышечной заболеваемости населения ЭВИ, использующего воду в хозяй-

ственно-бытовых, рекреационных и прочих целях, а также необходимости продолжения обязательного проведения санитарно-вирусологического контроля сточных вод, сбрасываемых в водоемы.

Контаминация речной воды *Enterovirus* также зависит от объема и санитарно-эпидемиологического состояния сточных вод, сбрасываемых в воду поверхностных водных объектов, о чем свидетельствует обнаруженная в ходе настоящего исследования сильная обратная корреляционная связь ($r = -0,92$, $p < 0,001$) между контаминацией воды поверхностных водных объектов и сточной водой. Предусмотренная в РФ система контроля за сточными водами¹⁷, сбрасываемыми в воду поверхностных водных объектов, обеспечивает определенную степень эффективности, о чем свидетельствуют сравнительно более низкие показатели контаминации сточных вод в РФ, полученные в ходе данного исследования, по сравнению с данными, полученными в других странах. В сточных водах Сингапура энтеровирусы были обнаружены в 94,0 % проб, а также в 89,0 % проб вторичных сточных вод, соответственно, с преобладанием вируса Коксаки А, в т. ч. А24 [13]. Частота обнаружения энтеровирусов в сточных водах Белоруссии составляла до 26,0 % проб [7, 9]. Частота обнаружения *Enterovirus* в пробах сточных вод в Королевстве Бахрейн (в заливе Тубли, куда сбрасывались очищенные сточные воды), по данным некоторых исследователей, составила 100,0 % [17]; в Республике Молдова по данным наблюдений за 2002–2019 гг. в 53,0 % положительных проб были обнаружены ПВВП, среди энтеровирусов также доминировали ЕСНО 30, 11, Е6 и Коксаки В1–6 [5]. В Италии, в г. Милане в 80,0 % проб сточных вод ($n = 321$) были обнаружены *Enterovirus* В, наиболее распространенными были Коксаки В4, Коксаки В5 и ЕСНО 6 [4].

В отдельных регионах РФ энтеровирусы в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, обнаруживались с сопоставимой с другими странами частотой (43,0–66,7 % проб), однако после проведения УФ-обеззараживания доля проб значительно снижалась [8, 18]. В 2004–2017 гг. сточные воды, отобранные в окрестностях Москвы до очистки и содержащие вакцинные штаммы полиовирусов, были выделены в 43,0 % случаев (обнаружены типы ЕСНО 7, 11, 6, Коксаки В5, ЕСНО 3 и 19) [18], однако своевременное проведение профилактических мероприятий способствовало предотвращению развития вспышек инфекций.

Полученные в работе результаты указывают на важность регулярного мониторинга сточных вод в отношении возбудителей различных вирусных инфекций, создающих риск развития эпидемиологического неблагополучия [9, 19].

Следует отметить, что разными исследователями отмечена идентификация широкого спектра энтеровирусов в водных объектах [4, 5, 9, 18, 20]. Так, в ретроспективном исследовании, проведенном в США в 2010–2011 гг., были идентифицированы

¹⁷ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 903 №06 утверждения Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества» (с изменениями и дополнениями).

вирусы Коксаки А1, Коксаки 6, Коксаки 19, Коксаки В3, Коксаки 5, ЕСНО 9, ЕСНО 97 [18]. Научные исследования, проводимые в Белоруссии, свидетельствуют о разной частоте контаминации муниципальных и госпитальных сточных вод с преобладанием вирусной концентрации (Коксаки В3, Коксаки В5, ЕСНО 13, ЕСНО 30) в муниципальных водах (7,3 % против 3,1 %, $p < 0,05$) [9].

Учитывая вышесказанное, оперативный мониторинг, анализ и прогнозирование эпидемиологической ситуации должны проводиться с учетом особенностей коммунально-бытовых объектов, размещенных на территории и сбрасывающих сточные воды в поверхностные водные объекты, а также возможной контаминации последних всеми существующими типами энтеровирусов, реализующих соответствующие механизмы передачи инфекции.

Отсутствие прямой связи между контаминацией воды и заболеваемостью ЭВИ свидетельствует об эффективности роли водоподготовки и очистки сточных вод, а также вероятно, косвенно может свидетельствовать о приоритетной роли других путей передачи в распространении ЭВИ в РФ.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о циркуляции *Enterovirus* в водных экосистемах, что подтверждает необходимость дальнейшего изучения заболеваемости энтеровирусной инфекции с учетом факторов риска развития инфекции и проведения вирусологического мониторинга различных водных объектов. В т. ч. с обязательной идентификацией неполиовирусных *Enterovirus*. Снижение показателей контаминации питьевой воды *Enterovirus* свидетельствует об эффективности проводимых в Российской Федерации профилактических мероприятий в рамках надзора за энтеровирусной инфекцией. Отсутствие значимости между показателями контаминации воды централизованного и нецентрализованного водоснабжения требует дальнейшего изучения с учетом типа водоисточников (подземные или поверхностные), подаваемых в распределительную сеть; региональных климато-географических особенностей в различных субъектах РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Centers for Disease Control and Prevention. Polio: Clinical overview. Accessed July 14, 2025. <https://www.cdc.gov/polio/hcp/clinical-overview/index.html>
- Tiwari S, Dhole TN. Assessment of enteroviruses from sewage water and clinical samples during eradication phase of polio in North India. *Viol J*. 2018;15(1):157. doi: 10.1186/s12985-018-1075-7
- Wolbert JG, Rajnik M, Swinkels HM, Higginbotham K. *Poliomyelitis*. StatPearls: Treasure Island, FL, USA; 2025.
- Pellegrinelli L, Binda S, Chiaramonte I, et al. Detection and distribution of culturable human enteroviruses through environmental surveillance in Milan, Italy. *J Appl Microbiol*. 2013;115(5):1231-1239. doi: 10.1111/jam.12321
- Apostol M, Ghidirim V, Spinu C. Monitoring and assessment of enterovirus circulation in the human population and the environment in the Republic of Moldova. In: *Proceedings of the Conference of the Polio Laboratory Network, National Poliovirus Containment Coordinators, National Authorities for Containment*. Copenhagen, Denmark; 2019:24-26.
- Бобун И.И., Бузинов Р.В., Шишко Л.А., Болтенков В.П., Моргунов Б.А., Гудков А.Б. Особенности вирусного загрязнения питьевой воды в Архангельской области // *Экология человека*. 2016. № 2. С. 3-7.
- Амвросьева Т.В., Поклонская Н.В., Бельская И.В., Колтунова Ю.Б., Шилова Ю.А. Мониторинг доминирующих кишечных вирусов в сточной воде как возможность повышения эффективности эпидемиологического надзора за вирусными острыми кишечными инфекциями // *Гепатология и гастроэнтерология*. 2020. Т. 4. № 2. С. 201-206.
- Дмитриева Р.А., Доскина Т.В., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Абрамов И.А., Булатова К.В. Изучение циркуляции вирусов в воде поверхностных водоемов и в сточных водах // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 11. С. 1201-1205.
- Поклонская Н.В., Амвросьева Т.В., Колтунова Ю.Б., Шилова Ю.А., Бельская И.В. Слежение за циркуляцией вирусов на основе мониторинга сточных вод – как эффективный инструмент контроля за инфекциями и профилактики биологических угроз // *Новости медуко-биологических наук*. 2022. Т. 22. № 2. С. 104-111.
- Kumthip K, Khamrin P, Ushijima H, Maneekarn N. Detection of six different human enteric viruses contaminating environmental water in Chiang Mai, Thailand. *Microbiol Spectr*. 2023;11(1):e0351222. doi: 10.1128/spectrum.03512-22
- Rashid M, Khan MN, Jalbani N. Detection of human adenovirus, rotavirus, and enterovirus in tap water and their association with the overall quality of water in Karachi, Pakistan. *Food Environ Virol*. 2021;13(1):44-52. doi: 10.1007/s12560-020-09448-8
- Bahk YY, Kim MH, Kim TS, et al. Occurrence of four waterborne viruses at five typical raw water resources in the Republic of Korea during August 2013 to February 2019. *J Microbiol*. 2020;58(11):915-925. doi: 10.1007/s12275-020-0231-0
- Aw TG, Gin KY. Environmental surveillance and molecular characterization of human enteric viruses in tropical urban wastewaters. *J Appl Microbiol*. 2010;109(2):716-730. doi: 10.1111/j.1365-2672.2010.04701.x
- Bergamaschi B, Rodrigues MT, Silva JVS, et al. Moving beyond classical markers of water quality: Detection of enteric viruses and genotoxicity in water of the Sinos River. *Braz J Biol*. 2015;75(2 Suppl):63-67. doi: 10.1590/1519-6984.1713
- Jovanović Galović A, Bijelović S, Milošević V, et al. Testing for viral material in water of public bathing areas of the Danube during summer, Vojvodina, Serbia, 2014. *Euro Surveill*. 2016;21(15). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.15.30196
- Marcheggiani S, D'Ugo E, Puccinelli C, et al. Detection of emerging and re-emerging pathogens in surface waters close to an urban area. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(5):5505-5527. doi: 10.3390/ijerph120505505
- Janahi EM, Mustafa S, Parkar SFD, Naser HA, Eisa ZM. Detection of enteric viruses and bacterial indicators in a sewage treatment center and shallow water bay. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6483. doi: 10.3390/ijerph17186483
- Иванова О.Е., Ярмольская М.С., Еремеева Т.П. и др. Экологический надзор за полиовирусом и другими энтеровирусами: многолетний опыт в Москве, Российская Федерация, 2004–2017 гг. // *Вирусы*. 2019;11:424. doi: 10.3390/v11050424
- Bubba L, Benschop KSM, Blomqvist S, et al. Wastewater surveillance in Europe for non-polio enteroviruses and beyond. *Microorganisms*. 2023;11(10):2496. doi: 10.3390/microorganisms11102496

20. Brinkman NE, Fout GS, Keely SP. Retrospective surveillance of wastewater to examine seasonal dynamics of enterovirus infections. *mSphere*. 2017;2(3):e00099-17. doi: 10.1128/mSphere.00099-17

REFERENCES

- Centers for Disease Control and Prevention. Polio: Clinical overview. Accessed July 14, 2025. <https://www.cdc.gov/polio/hcp/clinical-overview/index.html>
- Tiwari S, Dhole TN. Assessment of enteroviruses from sewage water and clinical samples during eradication phase of polio in North India. *Viol J*. 2018;15(1):157. doi: 10.1186/s12985-018-1075-7
- Wolbert JG, Rajnik M, Swinkels HM, Higginbotham K. *Poliomyelitis*. StatPearls: Treasure Island, FL, USA; 2025.
- Pellegrinelli L, Binda S, Chiaramonte I, et al. Detection and distribution of culturable human enteroviruses through environmental surveillance in Milan, Italy. *J Appl Microbiol*. 2013;115(5):1231-1239. doi: 10.1111/jam.12321
- Apostol M, Ghidirim V, Spinu C. Monitoring and assessment of enterovirus circulation in the human population and the environment in the Republic of Moldova. In: *Proceedings of the Conference of the Polio Laboratory Network, National Poliovirus Containment Coordinators, National Authorities for Containment*. Copenhagen, Denmark; 2019:24-26.
- Bobun II, Buzinov RV, Shishko LA, Boltenkov VP, Morgunov BA, Gudkov AB. Features of viral contamination of drinking water in Arkhangelsk Region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2016;(2):3-7. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2016-2-3-7
- Amvrosieva TV, Paklonskaya NV, Belskaya IV, Koltunova YB, Shilova YA. The monitoring of dominant enteric viruses in wastewater as an opportunity to improve the efficiency of epidemiological surveillance of acute viral intestinal infections. *Gepatologiya i Gastroenterologiya*. 2020;4(2):201-206. (In Russ.) doi: 10.25298/2616-5546-2020-4-2-201-206
- Dmitrieva RA, Doskina TV, Zagainova AV, Nedachin AE, Abramov IA, Bulatova KV. The study of circulation of viruses in surface waters and in wastewater. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(11):1201-1205. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1201-1205
- Poklonskaya NV, Amvrosieva TV, Kaltunova YuB, Shilova YuA, Belskaya IV. Wastewater based epidemiology as an effective tool for infection surveillance and biological hazards prevention. *Novosti Mediko-Biologicheskikh Nauk*. 2022;22(2):104-111. (In Russ.)
- Kumthip K, Khamrin P, Ushijima H, Maneekarn N. Detection of six different human enteric viruses contaminating environmental water in Chiang Mai, Thailand. *Microbiol Spectr*. 2023;11(1):e0351222. doi: 10.1128/spectrum.03512-22
- Rashid M, Khan MN, Jalbani N. Detection of human adenovirus, rotavirus, and enterovirus in tap water and their association with the overall quality of water in Karachi, Pakistan. *Food Environ Virol*. 2021;13(1):44-52. doi: 10.1007/s12560-020-09448-8
- Bahk YY, Kim MH, Kim TS, et al. Occurrence of four waterborne viruses at five typical raw water resources in the Republic of Korea during August 2013 to February 2019. *J Microbiol*. 2020;58(11):915-925. doi: 10.1007/s12275-020-0231-0
- Aw TG, Gin KY. Environmental surveillance and molecular characterization of human enteric viruses in tropical urban wastewaters. *J Appl Microbiol*. 2010;109(2):716-730. doi: 10.1111/j.1365-2672.2010.04701.x
- Bergamaschi B, Rodrigues MT, Silva JVS, et al. Moving beyond classical markers of water quality: Detection of enteric viruses and genotoxicity in water of the Sinos River. *Braz J Biol*. 2015;75(2 Suppl):63-67. doi: 10.1590/1519-6984.1713
- Jovanović Galović A, Bijelović S, Milošević V, et al. Testing for viral material in water of public bathing areas of the Danube during summer, Vojvodina, Serbia, 2014. *Euro Surveill*. 2016;21(15). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.15.30196
- Marcheggiani S, D'Ugo E, Puccinelli C, et al. Detection of emerging and re-emerging pathogens in surface waters close to an urban area. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(5):5505-5527. doi: 10.3390/ijerph120505505
- Janahi EM, Mustafa S, Parkar SFD, Naser HA, Eisa ZM. Detection of enteric viruses and bacterial indicators in a sewage treatment center and shallow water bay. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6483. doi: 10.3390/ijerph17186483
- Ivanova OE, Yarmolskaya MS, Ereemeeva TP, et al. Environmental surveillance for poliovirus and other enteroviruses: Long-term experience in Moscow, Russian Federation, 2004–2017. *Viruses*. 2019;11(5):424. (In Russ.) doi: 10.3390/v11050424
- Bubba L, Benschop KSM, Blomqvist S, et al. Wastewater surveillance in Europe for non-polio enteroviruses and beyond. *Microorganisms*. 2023;11(10):2496. doi: 10.3390/microorganisms11102496
- Brinkman NE, Fout GS, Keely SP. Retrospective surveillance of wastewater to examine seasonal dynamics of enterovirus infections. *mSphere*. 2017;2(3):e00099-17. doi: 10.1128/mSphere.00099-17

Сведения об авторах:

✉ **Бадамшина** Гульнара Галимяновна – д.м.н., заведующий отделом микробиологических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)» Роспотребнадзора; доцент кафедры гигиены, медицины труда ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; e-mail: ggbadamshina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0088-6422>.

Гафарова Ляйсан Фаридовна – заведующий лабораторией бактериологических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)» Роспотребнадзора; аспирант кафедры микробиологии Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета; e-mail: gafarova.lf@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1754-0452>.

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

Попцова Елена Анатольевна – главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Марий Эл» Роспотребнадзора; e-mail: e-poptsova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3542-008X>.

Гончарова Анна Валерьевна – заведующий лабораторией диагностики особо опасных инфекций и вирусных инфекций ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)» Роспотребнадзора; e-mail: goncharova.av@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4368-8495>.

Зайцева Наталья Николаевна – д.м.н., директор ФБУН «ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора; e-mail: vtashca@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5370-4026>.

Полянина Анастасия Викторовна – к.м.н., заместитель директора по научной работе, ведущий научный сотрудник – заведующий лабораторией эпидемиологии вирусных гепатитов ФБУН «ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора; e-mail: polyanina.anastasia@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1258-5467>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Бадамшина Г.Г.*, сбор данных: *Бадамшина Г.Г.*, *Гафарова Л.Ф.*, *Попцова Е.А.*, *Гончарова А.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Бадамшина Г.Г.*, *Трухина Г.М.*, *Зайцева Н.Н.*, *Полянина А.В.*; литературный обзор: *Бадамшина Г.Г.*, *Гафарова Л.Ф.*, *Гончарова А.В.*; подготовка рукописи: *Бадамшина Г.Г.*, *Гафарова Л.Ф.*, *Гончарова А.В.*, *Зайцева Н.Н.*, *Полянина 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, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Трухина Г.М. является членом редакционной коллегии журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные соавторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 03.09.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

✉ Gulnara G. **Badamshina**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Microbiology, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; Associate Professor, Department of Hygiene and Occupational Medicine, Kazan State Medical University; e-mail: ggbadamshina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0088-6422>.

Lyaysan F. **Gafarova**, Head of the Bacteriology Laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; Postgraduate student, Department of Microbiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University; e-mail: gafarova.lf@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1754-0452>.

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

Elena A. **Poptsova**, Head Doctor of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Mari El; e-mail: e-poptsova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3542-008X>.

Anna V. **Goncharova**, Head of the Laboratory for Diagnosis of Quarantinable Diseases and Viral Infections, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; e-mail: goncharova.av@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4368-8495>.

Natalya N. **Zaitseva**, Dr. Sci. (Med.), Director, Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: vtashca@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5370-4026>.

Anastasia V. **Polyanina**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Director for Research, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Epidemiology of Viral Hepatitis, Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: polyanina.anastasia@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1258-5467>.

Author contributions: study conception and design: *Badamshina G.G.*; data collection: *Badamshina G.G.*, *Gafarova L.F.*, *Poptsova E.A.*, *Goncharova A.V.*; analysis and interpretation of results: *Badamshina G.G.*, *Trukhina G.M.*, *Zaitseva N.N.*, *Polyanina A.V.*; bibliography compilation and referencing: *Badamshina G.G.*, *Gafarova L.F.*, *Goncharova A.V.*; draft manuscript preparation: *Badamshina G.G.*, *Gafarova L.F.*, *Goncharova A.V.*, *Zaitseva N.N.*, *Polyanina A.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

Conflict of interest: Prof. Trukhina is a member of the editorial board of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 3, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Многолетняя динамика и сезонность санитарно-бактериологических показателей речной воды Нижнего Дона. Тенденции и прогнозы

П.В. Журавлев¹, Б.И. Марченко², О.А. Нестерова²

¹ ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора,
пер. Газетный, 119, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России,
ул. Б. Садовая, д. 105/42, г. Ростов-на-Дону, 344006, Российская Федерация

Резюме

Введение. При ведении социально-гигиенического мониторинга к ключевым направлениям предупреждения распространения через водную среду инфекционных заболеваний относятся санитарно-микробиологические исследования, проводимые в целях оценки и прогнозирования состояния поверхностных источников питьевой воды, а также используемых для рекреационной деятельности водоемов и водотоков.

Цель исследования: анализ результатов санитарно-бактериологических исследований воды участка Нижнего Дона с определением тенденций и сезонности за многолетний период, а также сравнительная оценка точности среднесрочного прогнозирования на основе методов регрессионного моделирования и искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы. Применены результаты санитарно-бактериологических исследований 540 проб речной воды, отобранных в акватории города Азова Ростовской области в 2005–2020 гг. Определялось содержание патогенных энтеробактерий (сальмонелл), потенциально патогенных бактерий (клебсиелл и синегнойных палочек), а также общих, термотолерантных и глюкозоположительных колиформных бактерий. При проведении статистического анализа материалов исследования применялся специально созданный софт, а также программные комплексы IBM SPSS Statistics версии 20.0 и Matlab R2021a с включенным в нее модулем Neural Network Toolbox.

Результаты. Анализ результатов выявил высокий уровень бактериального загрязнения воды в нижнем течении реки Дон, в том числе потенциально патогенными и патогенными микроорганизмами, что свидетельствует о существенном потенциальном эпидемическом риске возникновения и распространения кишечных инфекций. Выявлены тенденции к увеличению содержания в речной воде термотолерантных колиформных бактерий, в том числе *Klebsiella* spp., а также *Pseudomonas aeruginosa*. Были определены сезонные особенности содержания исследуемой микрофлоры.

Выводы. Использование при проспективном анализе нейросетевых моделей предоставляет возможность получать более точные среднесрочные прогнозы санитарно-бактериологических показателей речной воды, чем при применении метода экстраполяции прогнозирование на основе регрессионного анализа. Выявление сезонных особенностей санитарно-бактериологических характеристик речной воды позволяет определять границы временных интервалов с высокой вероятностью распространения водообусловленных инфекционных заболеваний.

Ключевые слова: вода поверхностных водотоков, санитарно-бактериологические показатели, многолетняя динамика, помесечная динамика и сезонность, искусственная нейронная сеть, среднесрочное прогнозирование, социально-гигиенический мониторинг.

Для цитирования: Журавлев П.В., Марченко Б.И., Нестерова О.А. Многолетняя динамика и сезонность санитарно-бактериологических показателей речной воды Нижнего Дона. Тенденции и прогнозы // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 51–62. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-51-62

Long-Term Dynamics and Seasonality of Bacteriological Water Quality Parameters of the Lower Don: Trends and Forecasts

Piotr V. Zhuravlev,¹ Boris I. Marchenko,² Olesja A. Nesterova²

¹ Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, 119 Gazetny Lane, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

² Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation

Summary

Introduction: When conducting environmental public health surveillance, the key areas for preventing the spread of waterborne diseases include microbiological testing aimed to assess and predict the quality of surface sources for drinking water and of recreational water bodies and watercourses.

Objectives: To analyze the results of bacteriological testing of the Lower Don water samples, to establish long-term pollution trends and seasonality, and to compare the accuracy of medium-term forecasting based on regression modeling and artificial neural networks.

Materials and methods: We used the results of bacteriological testing of 540 river water samples taken in the water area of the city of Azov, Rostov Region, in 2005–2020 for pathogenic *Enterobacteriaceae* (*Salmonella* spp.), opportunistic pathogens (*Klebsiella* spp. and *Pseudomonas aeruginosa*), and general, thermotolerant and glucose-positive coliforms. Specially created software, as well as IBM SPSS Statistics version 20.0 and Matlab R2021a with the Neural Network Toolbox module were used for statistical data analysis.

Results: We established high levels of bacterial water pollution in the lower reaches of the Don River with opportunistic and pathogenic microorganisms posing a high epidemic risk of the occurrence and spread of intestinal infections. We also observed rising trends in the density of thermotolerant coliforms, including *Klebsiella* spp. and *Pseudomonas aeruginosa*, in river water and their seasonal fluctuations.

Conclusions: Compared to extrapolative forecasting based on regression analysis, the use of neural network models in prospective analysis enables more accurate medium-term forecasts of bacteriological quality parameters of river water. Identification of their seasonal fluctuations facilitates determination of time spans with a high probability of the spread of waterborne infectious diseases.

Keywords: surface water, bacteriological parameters, long-term dynamics, monthly dynamics and seasonality, artificial neural network, medium-term forecasting, environmental public health surveillance.

Cite as: Zhuravlev PV, Marchenko BI, Nesterova OA. Long-term dynamics and seasonality of bacteriological water quality parameters of the Lower Don: Trends and forecasts. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):51–62. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-51-62

Введение. В качестве важнейшей задачи в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности населения выступает систематический мониторинг состояния водных ресурсов, используемых для питьевого водоснабжения и рекреационной деятельности [1–3]. Усиливающееся микробное загрязнение поверхностных водоемов и водотоков, в том числе штаммами патогенных и условно-патогенных бактерий, устойчивых к антибиотикам, как напрямую создает повышенную опасность распространения массовых инфекционных заболеваний, передающихся водным путем, так и опосредованно способствует нарушению естественных процессов самоочищения, разбалансировке микробиоценозов и увеличению сроков выживания патогенной микрофлоры в водной среде. Значительное влияние на повышение степени загрязнения водной среды оказывают современные тенденции роста потребления воды и увеличения объемов образующихся сточных вод [4–9]. В связи с тем что на динамику эпидемического процесса инфекционных заболеваний, связанных с водным фактором, оказывает влияние сочетание разнообразных свойств среды обитания, в том числе социально-экономических, санитарно-гигиенических, биологических и природных факторов, одним из многообещающих направлений при реализации «Концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года»¹ может стать включение в него специализированных научных и организационно-методических положений эпидемиологического надзора [10]. В связи с этим особое значение приобретает оптимизация динамического санитарно-микробиологического контроля водных объектов и прибрежных зон, предназначенных для рекреационной деятельности населения, как важной составляющей системы эпидемиологического надзора [11–18]. К числу перспективных направлений повышения информативности и результативности аналитических исследований в рамках ведения санитарно-микробиологического мониторинга водных объектов, наряду с широким использованием традиционных методов анализа уровня, структуры, динамики, пространственной характеристики и прогнозирования, относятся различные инновационные подходы, включая применение многомерной статистики и искусственных нейронных сетей [10, 19–21]. В целях характеристики степени микробной опасности для здоровья человека предложены различные методы количественной оценки потенциального эпидемического риска, которые выступают в качестве действенного инструментария, позволяющего, исходя из обнаруженных показателей фекального загрязнения водоемов и водотоков,

определять вероятность наличия в воде патогенов, вызывающих кишечные инфекции [22–26].

Целью исследования является анализ результатов санитарно-бактериологических исследований воды участка Нижнего Дона с определением тенденций и сезонности за многолетний период, а также сравнительная оценка точности среднесрочного прогнозирования на основе методов регрессионного моделирования и искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы. В целях гарантированного обеспечения сопоставимости результатов в динамике за многолетний период применена база данных за 2005–2020 гг., сформированная на основе санитарно-бактериологических исследований 540 проб речной воды проведенных в ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» специалистами лаборатории санитарной микробиологии водных объектов и микробной экологии человека согласно актуальным для указанного периода санитарным правилам и нормам², а также методическим указаниям³. Полученные в соответствии с новым СанПиН 1.2.3685–21⁴ данные за 2021–2024 гг. в настоящей работе не были использованы, так как внесенные изменения в номенклатуру микробиологических исследований не позволяют сформировать достаточно продолжительные и гомогенные динамические ряды, необходимые для анализа тенденций в многолетней динамике санитарно-бактериологических показателей, особенностей их сезонности и среднесрочного прогнозирования методами регрессионного анализа и искусственных нейронных сетей.

Отбор проб речной воды осуществлялся в трех специально выделенных контрольных точках мониторинга (ТМ), локализованных в пределах города Азова Ростовской области по ходу течения реки Дон. Первая контрольная точка (ТМА) относится к водозаборной зоне городской системы централизованного водоснабжения, вторая контрольная точка (ТМВ) соответствует зоне рекреации (городскому пляжу), а третья (ТМС) расположена на дистанции 500 метров ниже по течению от зоны сброса сточных вод общегородской канализации. Во всех исследованных пробах определялось содержание общих (ОКБ) и термотолерантных (ТКБ) колиформных бактерий, потенциально патогенных бактерий (*Pseudomonas aeruginosa* и *Klebsiella* spp.), патогенных энтеробактерий (*Salmonella* spp.). В качестве дополнительного санитарно-бактериологического показателя (СБП) количественно анализировалось присутствие в воде глюкозоположительных колиформных бактерий (ГКБ), к которым относятся разнообразные потенциально патогенные и патогенные энтеробактерии,

¹ Об утверждении концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года: Приказ руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) от 26.08.2019. № 665. М.: Роспотребнадзор, 2019. 27 с.

² СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г. (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014) (документ утратил силу).

³ МУК 4.2.1884–04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: методические указания» / утв. и введ. в действие Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко 3 марта 2004 г.

⁴ 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 Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 (с изменениями на 30 декабря 2022 года).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-51-62>
Original Research Article

включая сальмонеллы и шигеллы. Для выделения сальмонелл применялась подавляющая рост сопутствующей микрофлоры специальная жидкая среда накопления [27]. При анализе результатов исследований применены методы вариационной статистики, включая критерий *t*-Стьюдента, критерий Шовене для проверки вариационных и динамических рядов на наличие аномальных («выскакивающих») величин, а также универсальный метод Пригге для расчета доверительных границ относительных показателей.

При анализе и моделировании многолетней динамики на основе динамических рядов из средне-годовых уровней СБП проводился подбор адекватной аппроксимирующей функции из числа линеаризуемых (прямолинейных, степенных, экспоненциальных и логарифмических), а также парабол 2-го или 3-го порядка с оценкой их статистической значимости ($p < 0,05$). Осуществлялись построение и характеристика теоретических линий многолетних тенденций по значениям их среднегодовых темпов прироста или убыли, определение многолетней цикличности с диагностикой нерегулярных флюктуаций, а также среднесрочное экстраполяционное прогнозирование.

В целях изучения влияния сезонных факторов на уровень бактериального загрязнения речной воды, исходя из средних за многолетний период помесечных СБП, исчислялись значения верхних границ их круглогодичных уровней (ВГКУ), которые служили количественными ориентирами для определения времени начала и окончания действия сезонных подъемов. Типовые годовые кривые (ТГК) и их верхние доверительные границы (ВДГ) ($p < 0,05$) использовались как основа для дифференциации круглогодичной, сезонной и внесезонной компонент в годовой динамике СБП⁵. Для количественной оценки степени активации сезонных факторов определялись индексы сезонных колебаний (ИСК) как итог процедуры деления помесечных показателей ТГК на их общее среднее и индексы сезонности по Уоррингеру (ИСУ), представляющие собой отношение максимальных и минимальных помесечных показателей ТГК. Проведена сравнительная оценка точности результатов среднесрочного прогнозирования СБП, полученных методами экстраполяции по построенным трендам многолетней динамики и искусственных нейронных сетей на основе временных рядов данных за 2005–2018 гг. В качестве критериев при сопоставлении точности прогнозов применялись величины их абсолютных и относительных погрешностей по отношению к фактическим значениям СБП в 2019 и 2020 гг.

В работе использовались разработанные авторами специализированные информационно-аналитические программные системы – «Microbiology of Surface Waters» версии 1.6 и «Turbo Dinamics» версии 2.51. При статистической обработке материалов исследования также применялся профессиональный программный пакет IBM SPSS Statistics («Statistical Package for Social Science») версии 20.0.

Искусственные нейронные сети (ИНС) формировались в среде пакета прикладных программ

Matlab R2021a с набором инструментов для синтеза и анализа нейронных сетей Neural Network Toolbox. На первом этапе построения искусственных нейронных сетей (ИНС) проводилась предобработка временных рядов перед подачей в нейронную сеть с целью повышения стабильности и скорости обучения. При этом исходный динамический ряд проверялся на стационарность и при ее отсутствии подвергался процедуре нормализации методом *z*-score. Затем данные ряда разделялись на обучающую (70 %), валидационную (15 %) и тестовую (15 %) выборки с сохранением временной последовательности. На втором этапе определялась оптимальная архитектура ИНС, включая определение числа скрытых слоев и количества нейронов в них. На третьем и четвертом этапах производилась настройка и обучение ИНС на основе алгоритма Левенберга – Марквардта (Levenberg – Marquardt method), предназначенного для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей при решении задач о наименьших квадратах [28, 29]. Содержанием пятого этапа являлась процедура среднесрочного прогнозирования на последующий двухлетний период, шестого – оценка качества нейросетевой модели на основании результатов расчета комплекса метрик, включая взвешенные абсолютные оценки прогнозирования (weighted absolute percent errors, WAPE). Критерием адекватности построенных нейросетевых моделей служит высокая точность результатов прогнозирования по сравнению с экстраполяционными прогнозами методом регрессионного анализа. При прогнозировании СБП применены два типа ИНС с числом нейронов в скрытых слоях от 18 до 34 – Feed-Forward backprop (двухслойная ИНС с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки) и Cascade-Forward backprop (двухслойная каскадная ИНС с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки) (рисунок).

Результаты. Продолжены исследования параметров бактериальной контаминации воды Нижнего Дона, по результатам которых на основе пяти-уровневого классификатора был диагностирован очень высокий уровень потенциального микробного риска распространения водообусловленных инфекционных заболеваний [30–32]. Установлено, что по ходу течения в пределах акватории города Азова происходит существенное ухудшение СБП речной воды (табл. 1). Так, наблюдается увеличение среднего количества ОКБ в районе городского пляжа (ТМБ) в 3,2 раза по сравнению с расположенным выше по течению водозабором городского водопровода (ТМА). При этом в 500 метрах ниже точки сброса городских сточных вод (ТМС) этот показатель возрастает в 4,1 раза при наибольшем зафиксированном содержании ОКБ в исследованных пробах $2,40 \times 10^8$ КОЕ/100 см³. Подобное соотношение между точками мониторинга (ТМА:ТМБ:ТМС) определено в отношении среднего содержания в речной воде ТКБ (1,00:4,45:5,91), в том числе

⁵ Дегтярев А.А., Ходырев А.П. Методика анализа годовой динамики инфекционной заболеваемости // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1976. Т. 53. № 2. С. 97–102.

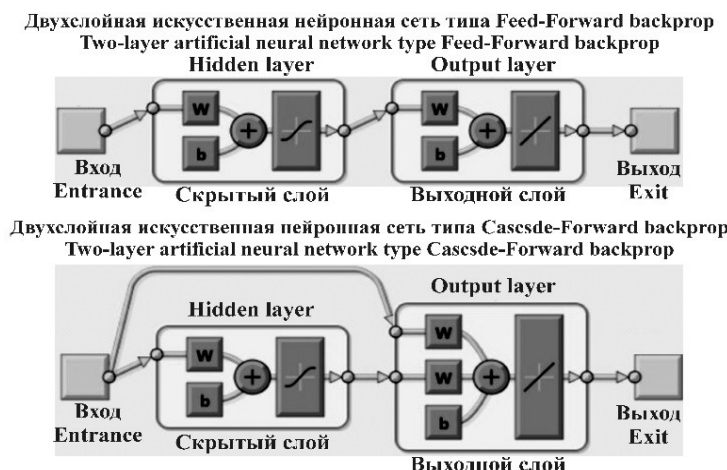


Рисунок. Двухслойные искусственные нейронные сети для прогнозирования санитарно-бактериологических показателей речной воды в акватории города Азов Ростовской области

Figure. Two-layer artificial neural networks for forecasting bacteriological quality parameters of river water in the water area of the city of Azov, Rostov Region

Таблица 1. Регрессионные модели многолетней динамики санитарно-бактериологических показателей воды Нижнего Дона в акватории города Азов Ростовской области за период 2005–2020 гг.

Table 1. Regression models of long-term levels of bacteriological water quality parameters of the Lower Don in the water area of the city of Azov, Rostov Region, 2005–2020

Точки мониторинга / Sampling sites	Среднемноголетние значения / Long-term means	Максимальные многолетние значения / Maximum long-term values	Регрессионные модели многолетней динамики / Regression models of long-term dynamics	Среднегодовые темпы прироста/ убыли тенденции (%) / Average annual change rates of trends (%)
Содержание общих колиформных бактерий (КОЕ в 100 см ³) / Total coliforms (CFU/100 cm ³)				
A	$1,37 \times 10^4$	$7,00 \times 10^5$	$Y_t = 10\,750,812 - 2549,965 \times \log(X)$	-2,21
B	$4,30 \times 10^4$	$7,00 \times 10^6$	$Y_t = 24\,783,988 - 6632,782 \times \log(X)$	-2,57
C	$5,55 \times 10^4$	$2,40 \times 10^8$	$Y_t = 39\,671,731 + 13\,654,321 \times \log(X)$	+2,35
D	$3,98 \times 10^4$	$2,40 \times 10^8$	$Y_t = 35\,643,901 - 9593,618 \times \log(X)$	-2,59
Содержание термотолерантных колиформных бактерий (КОЕ в 100 см ³) / Thermotolerant coliforms (CFU/100 cm ³)				
A	$1,15 \times 10^3$	$2,40 \times 10^5$	$Y_t = 906,938 + 814,687 \times \log(X)$	+5,02
B	$5,08 \times 10^3$	$2,40 \times 10^6$	$Y_t = 1475,828 + 3588,051 \times \log(X)$	+9,56
C	$6,78 \times 10^3$	$2,40 \times 10^6$	$Y_t = 1559,384 + 688,987 \times X$	+14,52
D	$5,16 \times 10^3$	$2,40 \times 10^6$	$Y_t = 383,399 + 5208,808 \times \log(X)$	+20,97
Содержание глюкозоположительных колиформных бактерий (КОЕ в 100 см ³) / Glucose positive coliforms (CFU/100 cm ³)				
A	$7,99 \times 10^4$	$2,40 \times 10^6$	$Y_t = 93\,421,668 - 23\,799,829 \times \log(X)$	-2,42
B	$1,08 \times 10^5$	$2,40 \times 10^7$	$Y_t = 280\,293,733 - 5712,324 \times X$	-2,41
C	$3,86 \times 10^5$	$2,40 \times 10^8$	$Y_t = 136\,633,305 - 21\,172,954 \times \log(X)$	-1,38
D	$3,08 \times 10^5$	$2,40 \times 10^8$	$Y_t = 205\,489,768 - 4267,788 \times X$	-2,47
Содержание клебсиелл (КОЕ в 100 см ³) / <i>Klebsiella</i> spp. (CFU/100 cm ³)				
A	$1,79 \times 10^4$	$2,10 \times 10^6$	$Y_t = 13\,838,518 + 428,485 \times X$	+2,59
B	$5,77 \times 10^4$	$1,30 \times 10^7$	$Y_t = 20\,137,651 + 17\,398,033 \times \log(X)$	+4,88
C	$7,62 \times 10^4$	$2,40 \times 10^6$	$Y_t = 79\,110,484 - 730,305 \times X$	-0,98
D	$5,65 \times 10^4$	$1,30 \times 10^7$	$Y_t = 27\,200,024 + 13\,335,478 \times \log(X)$	+3,15
Содержание синегнойных палочек (КОЕ в 100 см ³) / <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 cm ³)				
A	$5,96 \times 10^2$	$7,00 \times 10^3$	$Y_t = 104,823 + 27,603 \times \log(X)$	+1,86
B	$8,04 \times 10^2$	$2,40 \times 10^5$	$Y_t = 308,751 + 436,826 \times \log(X)$	+6,87
C	$9,05 \times 10^2$	$7,00 \times 10^4$	$Y_t = 296,419 + 755,513 \times \log(X)$	+9,82
D	$7,61 \times 10^2$	$2,40 \times 10^5$	$Y_t = 344,598 + 376,044 \times \log(X)$	+5,76
Содержание сальмонелл (НВЧ в 1000 см ³) / <i>Salmonella</i> spp. (MPN/1000 cm ³)				
A	$4,51 \times 10^0$	$2,10 \times 10^3$	$Y_t = 115,921 - 87,167 \times \log(X)$	-14,56
B	$9,84 \times 10^0$	$7,00 \times 10^3$	$Y_t = 440,999 - 307,978 \times \log(X)$	-11,54
C	$1,71 \times 10^1$	$2,40 \times 10^4$	$Y_t = 551,122 - 334,508 \times \log(X)$	-20,38
D	$1,27 \times 10^1$	$2,40 \times 10^4$	$Y_t = 154,823 - 122,069 \times \log(X)$	-18,05

Примечание: Точки мониторинга: А – зона водозабора; В – зона рекреации; С – зона выпуска сточных вод. КОЕ – колониеобразующие единицы; НВЧ – наиболее вероятное число; X – порядковый номер года для данных в анализируемом динамическом ряду.

Note: Sampling sites: A – water intake area; B – recreational area; C – sewage drainage area. **Abbreviations:** CFU, colony-forming units; MPN, most probable number; X, serial number of the year for data in the analyzed dynamic series.

входящих в их состав клебсиелл (1,00:3,24:4,28); ГKB (1,00:1,34:4,82), синегнойных палочек (1,00:1,35:1,52) и сальмонелл (1,00:2,18:3,78). Наибольшее содержание в речной воде ТКБ, ГKB и сальмонелл приходится на ТМС – соответственно $2,40 \times 10^6$ КОЕ/100 см³, $2,40 \times 10^8$ КОЕ/100 см³ и $2,40 \times 10^4$ НВЧ/1000 см³, а потенциально патогенных бактерий – клебсиелл ($1,30 \times 10^7$ КОЕ/100 см³) и синегнойных палочек ($2,40 \times 10^5$ КОЕ/100 см³) в воде зоны рекреационного водопользования (ТМВ). Во всех исследованных пробах были обнаружены относящиеся к ТКБ представители рода *Klebsiella* spp., в 99,8 % – *Pseudomonas aeruginosa*, 80,2 % – *Salmonella* spp. Выявлены контрастные различия между точками мониторинга по частоте выделения сальмонелл ($53,89 \pm 7,35$ % в ТМА, $89,44 \pm 4,53$ % в ТМВ и $97,22 \pm 2,42$ % в ТМС) и их сероварам. Так, в воде ТМА преобладали серовары *S. typhimurium* (32,99 %), *S. derby* (22,68 %) и *S. heidelberg* (14,43 %); в ТМВ – *S. typhimurium* (34,16 %), *S. london* (18,01 %) и *S. essen* (16,77); в ТМС – *S. typhimurium* и *S. enteritidis* (по 19,43 %), а также *S. derby* (12,57 %). При этом штаммы *S. enteritidis* были изолированы только из воды ТМС в зоне влияния выпуска городской канализации.

Представленные в таблице 1 результаты ретроспективного анализа многолетней динамики свидетельствуют о сформировавшихся в 2005–2020 гг. разнонаправленных тенденциях СБП воды Нижнего Дона. Так, устойчивые тенденции к увеличению определены в отношении содержания ТКБ, в том числе и *Klebsiella* spp. (кроме отобранных в ТМС проб), а также *Pseudomonas aeruginosa* при среднегодовых темпах прироста (СгТП) +20,96, + 3,14 и + 5,75 % соответственно. При этом наиболее выраженные тенденции к росту содержания ТКБ и синегнойных палочек отмечены в воде ТМС (+14,51 и +9,81 %). В отношении содержания ОКБ (за исключением ТМС), ГKB и сальмонелл диагностированы тенденции к снижению при среднегодовых темпах убыли (СгТУ) соответственно равных –2,58, –2,46 и –18,04 %.

Различное количество нейронов в скрытых слоях построенных нами искусственных нейронных сетей обусловлено специфическими особенностями обрабатываемых вариационных рядов санитарно-бактериологических показателей из-за функциональной асимметрии входных признаков, проявляющейся в их информационной значимости, нелинейной сложности и влиянии на целевую переменную – среднесрочный прогноз [29]. Результаты сравнительной оценки по величинам абсолютных и относительных погрешностей, а также взвешенных абсолютных ошибок прогнозирования (weighted absolute percent errors, WAPE) демонстрируют существенно более высокую достоверность рассчитанных с применением искусственных нейронных сетей среднесрочных прогнозов в отношении большинства из учитываемых СБП для всех точек мониторинга. Так, взвешенные абсолютные оценки прогнозирования (WAPE) на последующий двухлетний период при использовании искусственных нейронных сетей составляли 10,51–10,92 %, а при регрессионном анализе – 30,24–61,49 %, что соответствует точности

полученных среднесрочных прогнозов 89,08–89,49 % и 38,51–69,76 %. Относительно невысокая степень соответствия между прогнозными и фактическими данными, полученными с использованием ИНС и экстраполяции по трендам многолетней динамики, наблюдалась исключительно в отношении содержания сальмонелл в 2020 г. (табл. 2).

Как видно из таблицы 3, содержание ОКБ в речной воде подвержено выраженным сезонным колебаниям, которые, согласно рассчитанным ИСК, достигают пика в апреле, а также в течение четырех месяцев летне-осеннего периода (июль–октябрь) при максимальном значении ИСК в сентябре (252,7 %) и ИСУ, равном 9,5. В отношении содержания ТКБ выявлены три сезонных подъема – весной (апрель–май), летом (июль–август), а также осенью (октябрь), причем наибольшее влияние сезонных факторов приходится на октябрь с величиной ИСК 223,2 % при ИСУ 6,9. Заметное усиление воздействия сезонных факторов на содержание ГKB наблюдается в июле, августе, а также в ноябре, когда ИСК достигает максимального уровня (406,40 %) при значении ИСУ, равном 23,9. Сезонный подъем содержания в речной воде входящих в состав ТКБ *Klebsiella* spp. продолжается на протяжении пяти месяцев (июнь–октябрь) с наибольшим ИСК в сентябре (208,2 %) при ИСУ, равном 12,4. Для *Pseudomonas aeruginosa* оказались свойственны сезонные подъемы летом (июль–август) и осенью (октябрь–ноябрь) при наибольшей выраженности в августе с ИСК, равным 222,9 % и ИСУ 15,0. В целом по трем точкам мониторинга увеличение содержания *Salmonella* spp. отмечено в мае и на протяжении периода сентябрь–декабрь, причем максимальный ИСК (194,2 %) приходится на октябрь при ИСУ 12,3. При этом к сезонным особенностям годовой динамики содержания сальмонелл в воде зоны водозабора (ТМА) относятся два подъема – в июле и в сентябре–октябре.

Результаты сравнения динамики СБП за отдельный календарный год с верхними доверительными границами (ВДГ) их типовых годовых кривых (ТГК), рассчитанных по данным за многолетний период, были применены для идентификации и количественной характеристики аномальных компонент внесезонного генезиса. Так, например, в отношении содержания ОКБ в воде городского пляжа (ТМВ) величина аномальной надбавки в 2010 г. соответствует $8068,1$ КОЕ/100 см³, причем период формирования внесезонной составляющей годовой динамики приходится на сентябрь–ноябрь при максимальном ИСК в сентябре (401,0).

Обсуждение. Анализ данных долгосрочных исследований позволил подтвердить перспективность изучения возможного риска распространения водообусловленных инфекций. В ходе целенаправленных исследований, сфокусированных на решении проблемы снижения вероятности возникновения и распространения водообусловленных инфекций, было выполнено изучение изменений уровней и структуры бактериальной контаминации воды реки Дон в черте города Азова Ростовской области на протяжении 16-летнего периода. В динамике выявлены неблагоприятные санитарно-бактериологические

Таблица 2. Сравнительная оценка точности среднесрочных экстраполяционных прогнозов санитарно-бактериологических показателей воды Нижнего Дона в акватории города Азова Ростовской области, полученных на основе регрессионных и нейросетевых моделей, по данным за период 2005–2018 гг.**Table 2.** Comparison of the accuracy of medium-term extrapolation forecasts of bacteriological quality parameters of the Lower Don water in the water area of the city of Azov, Rostov Region, obtained on the basis of regression and neural network models using data for 2005–2018

Типы и названия показателей / Types and names of parameters		Годы / Years	Содержание общих колиформных бактерий (КОЕ в 100 см³) / Total coliforms (CFU/100 cm³)			Содержание термотолерантных колиформных бактерий (КОЕ в 100 см³) / Thermotolerant coliforms (CFU/100 cm³)			Содержание сальмонелл (НВЧ в 1000 см³) / Salmonella spp. (MPN/1000 cm³)		
			Точки мониторинга / Sampling sites			Точки мониторинга / Sampling sites			Точки мониторинга / Sampling sites		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Среднегодовые значения по результатам исследований / Annual averages based on test results		2019	8199,70	12 971,30	29124,00	2676,00	3355,00	14 227,88	2,76	38,74	43,59
		2020	9524,80	24000,00	84626,00	1534,39	4349,00	12 028,67	2,43	43,69	983,92
Двухслойные искусственные нейронные сети (ИНС) / Artificial two-layer neural networks (ANN)	Тип ИНС / Type of ANN	Feed-Forward backprop	Cascade-Forward backprop	Cascade-Forward backprop	Feed-Forward backprop	Cascade-Forward backprop	Cascade-Forward backprop	Feed-Forward backprop	Feed-Forward backprop	Cascade-Forward backprop	
	Количество нейронов в скрытом слое / Number of neurons in the hidden layer	34	21	30	24	20	32	28	18	21	
Прогнозы на основе нейросетевых моделей / Forecasts based on ANN models		2019	8432,78	14 551,35	31 122,72	2381,18	5158,64	12 439,58	3,03	43,54	52,72
		2020	9119,94	19 772,21	78 991,68	1733,12	2378,93	10 190,83	2,67	36,91	52,04
Прогнозы на основе регрессионных моделей / Forecasts based on regression models		2019 (X = 15)	7319,19	16 365,13	58 254,03	1743,03	6415,94	8207,12	4,16	28,71	48,01
		2020 (X = 16)	7225,13	16 143,93	59 688,97	1760,98	6546,10	8412,04	3,95	27,95	43,18
Погрешности прогнозов на основе ИНС / Errors of forecasts based on ANN models	n	2019	233,08	1580,05	1998,72	294,82	1803,64	1788,30	0,27	4,80	9,13
	%		2,8	12,2	6,9	11,0	53,8	12,6	9,6	12,4	20,9
	n	2020	404,86	4227,79	5634,32	198,73	1970,07	1837,84	0,24	6,78	931,88
	%		4,3	17,6	6,7	13,0	45,3	15,3	9,7	15,5	94,7
Погрешности прогнозов на основе регрессионных моделей / Errors of forecasts based on regression models	n	2019	880,51	3393,83	29130,03	932,97	3060,94	6020,76	1,40	10,04	4,42
	%		10,7	26,2	100,0	34,9	91,2	42,3	50,5	25,9	10,2
	n	2020	2299,67	7856,07	24937,03	226,59	2197,10	3616,63	1,52	15,74	940,75
	%		24,1	32,7	29,5	14,8	50,5	30,1	62,3	36,0	95,6
Соотношение абсолютных погрешностей прогнозов на основе регрессионной и нейросетевой моделей / Ratio of absolute errors of forecasts based on regression and ANN models		2019	3,78	2,15	14,57	3,16	1,70	3,37	5,26	2,09	0,48
		2020	5,68	1,86	4,43	1,14	1,12	1,97	6,40	2,32	1,01
Различия относительных погрешностей прогнозов на основе регрессионной и нейросетевой моделей (%) / Differences between relative errors of forecasts based on regression and ANN models (%)		2019	7,90	13,98	93,16	23,85	37,48	29,75	40,94	13,53	−10,80
		2020	19,89	15,12	22,81	1,82	5,22	14,79	52,54	20,51	0,90

Примечание: точки мониторинга: А – зона водозабора; В – зона рекреации; С – зона выпуска сточных вод. КОЕ – колониеобразующие единицы; НВЧ – наиболее вероятное число; ИНС – искусственная нейронная сеть. Feed-Forward backprop – двухслойная искусственная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки. Cascade-Forward backprop – двухслойная каскадная искусственная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки.

Notes: Sampling sites: A – water intake area; B – recreational area; C – sewage drainage area. **Abbreviations:** CFU, colony-forming units; MPN, most probable number; ANN, artificial neural network. Feed-Forward backprop is a two-layer artificial neural network with forward propagation of signal and backpropagation of error. Cascade-Forward backprop is a two-layer cascaded artificial neural network with forward propagation of signal and backpropagation of error.

Таблица 3. Анализ сезонных особенностей годовой динамики санитарно-бактериологических показателей воды Нижнего Дона в акватории города Азова Ростовской области за период 2005–2020 гг.**Table 3. Seasonal fluctuations of bacteriological water quality parameters of the Lower Don in the water area of the city of Azov, Rostov Region, 2005–2020**

Оцениваемые показатели / Parameters	Месяцы динамического контроля уровня бактериальной контаминации воды Нижнего Дона / Months of dynamic control of the level of bacterial contamination of the Lower Don water											
	Февраль / February	Март / March	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Сентябрь / September	Октябрь / October	Ноябрь / November	Декабрь / December	
Содержание общих колиформных бактерий (КОЕ в 100 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 9302,02 КОЕ/см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 9,47 / Total coliforms (CFU/100 cm³) The year-round upper bound is 9,302.02 CFU/cm³ / Warringer's seasonality index = 9.47												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	7297,34	15219,24	38031,44	21864,27	13361,68	44419,77	38437,34	69139,85	33163,22	11080,96	8965,57	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	26,68	55,63	139,00	79,92	48,84	162,35	140,49	252,70	121,21	40,51	32,78	
Содержание термотолерантных колиформных бактерий (КОЕ в 100 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 1471,18 КОЕ/см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 6,93 / Thermotolerant coliforms (CFU/100 cm³) The year-round upper bound is 1,471.18 CFU/cm³ / Warringer's seasonality index = 6.93												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	1439,01	2861,36	4270,68	4396,88	1439,16	5111,60	7397,23	1166,19	8081,68	1262,01	1404,01	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	39,75	79,03	117,96	121,44	39,76	141,18	204,30	32,22	223,21	34,86	66,40	
Содержание глюкозоположительных колиформных бактерий (КОЕ в 100 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 37 794,96 КОЕ/см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 23,93 / Glucose positive coliforms (CFU/100 cm³) The year-round upper bound is 37,794.96 CFU/100 cm³ / Warringer's seasonality index = 23.93												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	36 551,86	108 255,61	120 045,21	67 702,79	153 923,91	322 546,91	399 089,71	116 533,34	120 411,11	867 939,41	36 266,68	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	17,12	50,70	56,22	31,71	72,08	151,04	186,88	54,57	56,39	406,41	16,99	
Содержание клебсиелл (КОЕ в 100 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 12 650,45 КОЕ/см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 12,43 / Klebsiella spp. (CFU/100 cm³) The year-round upper bound is 12,650.45 CFU/cm³ / Warringer's seasonality index = 12.43												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	8766,68	27 526,45	26 565,94	26 879,91	72 805,31	97 996,45	82 514,15	108 981,49	62 114,82	48 087,66	13 526,68	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	16,76	52,60	50,76	51,36	139,10	187,23	157,65	208,22	118,68	91,88	25,85	
Содержание синегнойных палочек (КОЕ в 100 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 245,28 КОЕ/см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 15,00 / Pseudomonas aeruginosa (CFU/100 cm³) The year-round upper bound is 245.28 CFU/100 cm³ / Warringer's seasonality index = 15.00												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	326,49	140,46	355,78	591,88	921,80	2005,95	2106,95	649,48	1337,91	1227,53	732,49	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	34,55	14,87	37,65	62,63	97,54	212,25	222,93	68,73	141,56	129,89	77,51	
Содержание сальмонелл (НВЧ в 1000 см³) Верхняя граница круглогодичного уровня – 4,54 НВЧ/1000 см³ / Индекс сезонности по Уорринггеру – 12,26 / Salmonella spp. (MPN/1000 cm³) The year-round upper bound is 4.54 MPN/1000 cm³ / Warringer's seasonality index = 12.26												
Типовая годовая кривая / Typical annual curve	3,25	7,29	16,06	36,01	6,86	17,55	10,31	22,38	39,75	29,12	36,61	
Индексы сезонных колебаний (%) / Seasonal variation indices (%)	15,86	35,57	78,44	175,94	33,48	85,72	50,33	109,35	194,25	142,29	178,88	

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы; НВЧ – наиболее вероятное число.**Notes:** CFU, colony-forming units; MPN, most probable number.

показатели воды реки Дон, включая высокие уровни содержания патогенной микрофлоры (*Salmonella* spp.) и потенциально патогенных микроорганизмов, представленных *Pseudomonas aeruginosa* и *Klebsiella* spp. Данный факт свидетельствует о значительном уровне микробного риска, обусловленном потенциальной опасностью возникновения и последую-

щего распространения острых кишечных инфекций эпидемического типа, что находит подтверждение в многочисленных исследованиях как российских, так и зарубежных ученых [21, 24, 33, 34].

В процессе работы выявлены и количественно определены тенденции за 16-летний период в отношении комплекса санитарно-бактериологических

показателей. Установлено, что в многолетней динамике сформировались неблагоприятные тенденции увеличения содержания ТКБ, в том числе клебсиелл и синегнойных палочек, что согласуется с данными ряда авторов [6, 7, 15, 34, 35]. Несмотря на определенную тенденцию к снижению содержания ГKB, сохраняющийся его высокий уровень также свидетельствует о существенном риске распространения водообусловленных инфекционных заболеваний. В ряде работ показано, что при ведении микробиологического мониторинга водной среды этот интегральный показатель является важным критерием при оценке степени эпидемической опасности, так как входящие в структуру ГKB бактерии по показателям продолжительности выживаемости и устойчивости во внешней среде превосходят многих других представителей патогенной или потенциально патогенной микрофлоры [6, 7, 12, 15, 21, 24, 32].

Полученные в ходе моделирования многолетней динамики тенденции санитарно-бактериологических показателей воды Нижнего Дона оказались статистически значимыми ($p < 0,05$) и были положены в основу среднесрочных прогнозов, основанных на анализе теоретических трендов с применением методов экстраполяции. Одновременно с этим для получения прогнозов на тот же период были задействованы построенные и обученные двухслойные искусственные нейронные сети двух типов – каскадная с прямой передачей сигнала и с обратным распространением ошибки (Cascade-Forward backprop) и с прямой передачей сигнала и с обратным распространением ошибки (Feed-Forward backprop). Сравнительный анализ полученных результатов выявил, что использование нейронных сетей позволяет достичь большей точности предсказаний по сравнению с экстраполяционным подходом, использующим регрессионные модели, так как искусственные нейронные сети способны, во-первых, улавливать и моделировать более сложные и нелинейные взаимоотношения в данных и, во-вторых, адаптироваться к изменяющимся нелинейным трендам и при этом учитывать большее количество факторов, что делает их потенциально более точными [29].

По результатам ретроспективного анализа годовой (помесячной) динамики выявлены контрастные различия в сезонных особенностях изучаемой микрофлоры, проявлением которых является гетерохронность повышения их содержания в речной воде в течение года. Так, типичные сезонные подъемы содержания ОКБ приходятся на апрель и летне-осенний период с июля по октябрь с самой большой выраженностью в сентябре; ТКБ – весной (апрель–май), летом (июль–август) и максимумом осенью (октябрь); ГKB – летом (июль–август) и наибольший в ноябре. Для *Klebsiella* spp., входящих в состав ТКБ, свойственен продолжительный пятимесячный сезонный подъем (июнь–октябрь), наиболее выраженный в сентябре; для *Pseudomonas aeruginosa* характерны два сезонных подъема – летний (июль–август) и осенний (октябрь–ноябрь) с максимумом в августе. В отношении содержания

в речной воде *Salmonella* spp. также определены два типичных повышения – относительно короткое в мае, а затем в осенне-зимний период (сентябрь–октябрь). Выявленные сезонные особенности бактериальной контаминации речной воды согласуются с данными наблюдений, полученными другими авторами [4, 6, 18, 26, 34, 35].

Ограничения исследования. Работа выполнена на материале за 16-летний период 2005–2020 гг., так как полученные в соответствии с новым СанПиН 1.2.3685–21 данные за 2021–2024 гг. не могут быть применены из-за внесенных изменений в номенклатуру микробиологических исследований, что не позволяет сформировать достаточно продолжительные и гомогенные динамические ряды, которые необходимы для анализа многолетней и годовой динамики, а также среднесрочного прогнозирования санитарно-бактериологических показателей речной воды.

Выводы

1. Полученные данные многолетнего микробиологического мониторинга исследуемого участка Нижнего Дона с количественной оценкой индикаторов бактериальной контаминации речной воды, полученных на основе определения содержания комплекса представителей санитарно-показательной, потенциально патогенной и патогенной микрофлоры свидетельствуют о значительном риске распространения инфекционных болезней, передающихся через воду.

2. Установлено, что разнообразие и количественные параметры выделяемой из воды реки Дон в акватории города Азова Ростовской области микрофлоры определяются специфическими особенностями биологического загрязнения в многолетней и помесечной динамике. Формирование эпидемического риска в контексте распространения водообусловленных острых кишечных инфекций в значительной мере обусловлено высокими уровнями контаминации речной воды как болезнетворными энтеробактериями (*Salmonella* spp.), так и потенциально патогенными микроорганизмами, включая *Klebsiella* spp. и *Pseudomonas aeruginosa*. Так, наибольшее за период наблюдения содержание в речной воде ОКБ составляет $2,40 \times 10^8$ КОЕ/100 см³, ТКБ – $2,40 \times 10^6$ КОЕ/100 см³, ГKB – $2,40 \times 10^8$ КОЕ/100 см³, клебсиелл – $1,30 \times 10^7$ КОЕ/100 см³, синегнойных палочек – $2,40 \times 10^5$ КОЕ/100 см³, сальмонелл – $2,40 \times 10^4$ НВЧ/1000 см³. Рассчитанное на основе интегральных показателей потенциального микробного риска по санитарно-гигиеническим факторам «Источник централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» и «Рекреационное водопользование» за 2005–2020 гг. значение двухфакторного комплексного показателя потенциального микробного риска распространения водообусловленных кишечных инфекций равно 0,612 и по пятиуровневому классификатору соответствует его очень высокому уровню.

3. Построение статистически достоверных математических моделей многолетней вариативности комплекса санитарно-бактериологических характеристик воды поверхностных водных объектов,

применяемых в целях водоснабжения населения и рекреационной деятельности, обеспечивающих объективную качественную и количественную оценку сформировавшихся тенденций, является эффективным способом формирования обоснованных прогнозов эпидемической ситуации в отношении связанных с водным фактором кишечных инфекций бактериальной и вирусной этиологии.

4. При осуществлении процедуры средне-срочного экстраполяционного прогнозирования санитарно-бактериологических показателей воды поверхностных источников, проводимого в рамках проспективного анализа эпидемической ситуации, повышение точности результатов достигается путем применения технологии искусственных нейронных сетей, обязательно сочетаемого с количественной оценкой параметров многолетней динамики на основе ее регрессионных моделей. Прогнозирование одномерных временных рядов требует индивидуального подхода при предобработке исходных данных, выборе оптимальной архитектуры искусственной нейронной сети и ее параметров, включая определение количества входов и выходов, числа скрытых слоев и количества нейронов в них. Поэтому при выборе и построении нейросетевой модели обязательно необходим учет результатов регрессионного анализа исследуемого временного ряда с оценкой характера и направленности тренда и его количественных параметров – среднегодовых темпов прироста или убыли тенденции.

5. При ретроспективном анализе годовой (помесечной) динамики выявлены контрастные различия в сезонных особенностях изучаемых санитарно-показательных, потенциально патогенных и патогенных микроорганизмов, проявлением которых являются гетерохронность и различные степени возрастания их содержания в речной воде в течение годового цикла.

6. Результаты анализа годовой (помесечной) динамики по данным санитарно-бактериологического мониторинга воды поверхностных водотоков и водоемов позволяют объективно определять периоды повышенного потенциального микробного риска возникновения и распространения водообусловленных инфекционных заболеваний с выявлением и дифференцированной оценкой обусловленных различными факторами внесезонного происхождения аномальных надбавок с превышением помесечных показателей верхней доверительной границы ($p < 0,05$) типовой годовой кривой.

7. Получаемым на основе комплекса учитываемых санитарно-бактериологических и санитарно-гигиенических факторов прогнозам потенциального микробного риска отводится роль важного компонента информационно-аналитического обеспечения социально-гигиенического мониторинга при разработке оптимизационных управленческих решений профилактического и оздоровительного характера по предупреждению эпидемического распространения водным путем кишечных инфекционных заболеваний, включая совершенствование применяемых технологий водоподготовки и обеззараживания сточных вод, техническое переоснащение водоо-

чистных сооружений в соответствие современными требованиями, своевременное проведение ремонтных работ водораспределительных сетей и другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Клейн С.В., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 4–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01
2. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 5–9.
3. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Май И.В. и др. Риск для здоровья населения и эффективность мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 11. С. 1403–1411. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1403-1411
4. Рахманин Ю.А., Доронина О.Д. Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора // Гигиена и санитария. 2010. Т. 89. № 2. С. 8–13.
5. Трухина Г.М. Оценка микробиологического риска среды обитания для здоровья населения в системе социально-гигиенического мониторинга // Здравоохранение Российской Федерации. 2008. № 1. С. 43.
6. Mertens A, Arnold BF, Benjamin-Chung J, et al. Is detection of enteropathogens and human or animal faecal markers in the environment associated with subsequent child enteric infections and growth: An individual participant data meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2024;12(3):e433–e444. doi: 10.1016/s2214-109x(23)00563-6
7. Wu B, Wang C, Zhang C, Sadowsky MJ, Dzakpasu M, Wang XC. Source-associated gastroenteritis risk from swimming exposure to aging fecal pathogens. *Environ Sci Technol*. 2020;54(2):921–929. doi: 10.1021/acs.est.9b01188
8. de Santana CO, Spealman P, Azulai D, Reid M, Dueker ME, Perron GG. Bacteria communities and water quality parameters in riverine water and sediments near wastewater discharges. *Sci Data*. 2022;9(1):578. doi: 10.1038/s41597-022-01686-8
9. Pereira MA, Palmeira JD, Ferreira H. Contamination of a water stream and water drainage reaching Matosinhos Beach by antibiotic-resistant bacteria. *Microorganisms*. 2023;11(12):2833. doi: 10.3390/microorganisms11122833
10. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
11. 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: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-16-24
12. Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З. и др. Сравнительная оценка санитарно-эпидемической 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
13. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 563–568. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Загайнова А.В., Юдин С.М., Абрамов И.А. и др. Определение перечня потенциально патогенных и патогенных микроорганизмов бактериальной, вирусной и паразитарной природы, циркулирующих в сточных и поверхностных водах. Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2021. № 2. С. 50–63. doi: 10.33092/0025-8326mp2021.2.50-63
 15. Holcomb DA, Stewart JR. Microbial indicators of fecal pollution: Recent progress and challenges in assessing water quality. *Curr Environ Health Rep.* 2020;7(3):311–324. doi: 10.1007/s40572-020-00278-1
 16. Korajkic A, McMinn BR, Harwood VJ. Relationships between microbial indicators and pathogens in recreational water settings. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(12):2842. doi: 10.3390/ijerph15122842
 17. Denpetkul T, Pumkaew M, Sittipunsakda O, et al. Quantitative microbial risk assessment of the gastrointestinal risks to swimmers at Southeast Asian urban beaches using site-specific and combined autochthonous and fecal bacteria exposure data. *Sci Total Environ.* 2023;902:165818. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165818
 18. Gorski L, Rivadeneira P, Cooley MB. New strategies for the enumeration of enteric pathogens in water. *Environ Microbiol Rep.* 2019;11(6):765–776. doi: 10.1111/1758-2229.12786
 19. Загайнова А.В., Рахманин Ю.А., Талаева Ю.Г. и др. Оценка микробного риска для установления зависимости между качеством воды и заболеваемостью населения кишечными инфекциями // Гигиена и санитария. 2010. Т. 89. № 3. С. 28–31.
 20. Клейн С.В., Вековщина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 49–60. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06
 21. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05
 22. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01
 23. Онищенко Г.Г. Актуальные проблемы и перспективы развития методологии анализа риска в условиях современных вызовов безопасности для здоровья населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2023. № 4. С. 4–18. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.01
 24. Schoen ME, Boehm AB, Soller J, Shanks OC. Contamination scenario matters when using viral and bacterial human-associated genetic markers as indicators of a health risk in untreated sewage-impacted recreational waters. *Environ Sci Technol.* 2020;54(20):13101–13109. doi: 10.1021/acs.est.0c02189
 25. González-Fernández A, Symonds EM, Gallard-Gongora JF, et al. Risk of gastroenteritis from swimming at a wastewater-impacted tropical beach varies across localized scales. *Appl Environ Microbiol.* 2023;89(3):e0103322. doi: 10.1128/aem.01033-22
 26. Bhatt A, Dada AC, Prajapati SK, Arora P. Integrating life cycle assessment with quantitative microbial risk assessment for a holistic evaluation of sewage treatment plant. *Sci Total Environ.* 2023;862:160842. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160842
 27. Рахманин Ю.А., Журавлев П.В., Алешня В.В., Панасовец О.В. Применение новой питательной среды для выделения сальмонелл из водных объектов для оценки эпидемической безопасности водопользования // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 5. С. 483–490. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-483-490
 28. Пархоменко С.С., Леденёва Т.М. Обучение нейронных сетей методом Левенберга – Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2014. № 2. С. 98–106.
 29. Ремезова А.А., Тынченко В.В. Применение искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2021. Т. 1. № 7. С. 371–374.
 30. Механтьев И.И. Санитарно-гигиенические и эпидемиологические аспекты рекреационного водопользования населения бассейна Верхнего Дона // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 23–29. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-23-29
 31. Журавлев П.В., Алешня В.В., Панасовец О.П. и др. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91. № 4. С. 28–31.
 32. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Дерябкина Л.А., Нестерова О.А. Оценка потенциального микробного риска распространения водообусловленных инфекционных заболеваний на участке реки с интенсивным водопользованием // Анализ риска здоровью. 2024. № 4. С. 81–96. doi: 10.21668/health.risk/2024.4.08
 33. Cui Q, Huang Y, Wang H, Fang T. Diversity and abundance of bacterial pathogens in urban rivers impacted by domestic sewage. *Environ Pollut.* 2019;249:24–35. doi: 10.1016/j.envpol.2019.02.094
 34. Калюжин А.С., Байракова А.Л., Морозова М.А., Латышевская Н.И., Руженцова Т.А. Мониторинг *Klebsiella pneumoniae* как один из критериев микробиологической характеристики водного объекта // Гигиена и санитария. 2024. Т. 103. № 3. С. 234–241. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-3-234-241
 35. Шамина О.В., Самойлова Е.А., Новикова И.Е., Лазарева А.В. *Klebsiella pneumoniae*: микробиологическая характеристика, антибиотикорезистентность и вирулентность. Российский педиатрический журнал. 2020. Т. 23. № 3. С. 191–197. doi: 10.18821/1560-9561-2020-23-3-191-197

REFERENCES

1. Popova AYU, Zaitseva NV, Onishchenko GG, Kleyn SV, Glukhikh MV, Kamaltdinov MR. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis.* 2020;(1):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01.eng
2. 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.)
3. Zaitseva NV, Kleyn SV, May IV, et al. Methodical grounds and experience gained in experience gained in complex assessment of activities aimed at risk to public health and

- effectiveness of measures to improve the quality of drinking water in centralized water supply systems. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(11):1403-1411. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1403-1411
4. Rakhmanin YuA, Doronina OD. Strategic approaches to risk management to reduce human vulnerability due to water factor changes. *Gigiena i Sanitariya*. 2010;89(2):8-13. (In Russ.)
 5. Trukhina GM. Assessment of an environmental microbiological risk to the population's health in the sociohygienic monitoring system. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2008;(1):43. (In Russ.)
 6. Mertens A, Arnold BF, Benjamin-Chung J, et al. Is detection of enteropathogens and human or animal faecal markers in the environment associated with subsequent child enteric infections and growth: An individual participant data meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2024;12(3):e433-e444. doi: 10.1016/s2214-109x(23)00563-6
 7. Wu B, Wang C, Zhang C, Sadowsky MJ, Dzakpasu M, Wang XC. Source-associated gastroenteritis risk from swimming exposure to aging fecal pathogens. *Environ Sci Technol*. 2020;54(2):921-929. doi: 10.1021/acs.est.9b01188
 8. de Santana CO, Spealman P, Azulai D, Reid M, Dueker ME, Perron GG. Bacteria communities and water quality parameters in riverine water and sediments near wastewater discharges. *Sci Data*. 2022;9(1):578. doi: 10.1038/s41597-022-01686-8
 9. Pereira MA, Palmeira JD, Ferreira H. Contamination of a water stream and water drainage reaching Matosinhos Beach by antibiotic-resistant bacteria. *Microorganisms*. 2023;11(12):2833. doi: 10.3390/microorganisms11122833
 10. Popova AYU, Kuz'min SV, Gurvich VB, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9(318)):4-12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
 11. 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: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-16-24
 12. Rakhmanin YuA, Ivanova LV, Artyomova 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. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249
 13. Novikova YuA, Friedman KB, Fedorov VN, Kovshov AA, Tikhonova NA, Myasnikov IO. About the question of the assessment of the drinking water quality in centralized water systems in the current conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):563-568. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Zagainova AV, Yudin SM, Abramov IA, et al. Definition of the list of potentially pathogenic and pathogenic microorganisms of bacterial, viral and parasitic nature circulating in waste and surface waters. *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*. 2021;(2):50-63. (In Russ.) doi: 10.33092/0025-8326mp2021.2.50-63
 15. Holcomb DA, Stewart JR. Microbial indicators of fecal pollution: Recent progress and challenges in assessing water quality. *Curr Environ Health Rep*. 2020;7(3):311-324. doi: 10.1007/s40572-020-00278-1
 16. Korajkic A, McMinn BR, Harwood VJ. Relationships between microbial indicators and pathogens in recreational water settings. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(12):2842. doi: 10.3390/ijerph15122842
 17. Denpetkul T, Pumkaew M, Sittipunsakda O, et al. Quantitative microbial risk assessment of the gastrointestinal risks to swimmers at Southeast Asian urban beaches using site-specific and combined autochthonous and fecal bacteria exposure data. *Sci Total Environ*. 2023;902:165818. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165818
 18. Gorski L, Rivadeneira P, Cooley MB. New strategies for the enumeration of enteric pathogens in water. *Environ Microbiol Rep*. 2019;11(6):765-776. doi: 10.1111/1758-2229.12786
 19. Zagainova AV, Rakhmanin YuA, Talayeva YuG, et al. Microbial risk assessment to establish water quality-enteric infection morbidity relationships. *Gigiena i Sanitariya*. 2010;89(3):28-31. (In Russ.)
 20. Kleyn SV, Vekovshinina SA. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):48-59. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06.eng
 21. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, Vekovshinina SA. Drinking water quality: Health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis*. 2019;(2):44-55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05.eng
 22. Zaitseva NV, Onishchenko GG, May IV, Shur PZ. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Health Risk Analysis*. 2022;(3):4-20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
 23. Onishchenko GG. Development of the risk analysis methodology given the current safety challenges for public health in the Russian Federation: Vital issues and prospects. *Health Risk Analysis*. 2023;(4):4-18. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.01.eng
 24. Schoen ME, Boehm AB, Soller J, Shanks OC. Contamination scenario matters when using viral and bacterial human-associated genetic markers as indicators of a health risk in untreated sewage-impacted recreational waters. *Environ Sci Technol*. 2020;54(20):13101-13109. doi: 10.1021/acs.est.0c02189
 25. González-Fernández A, Symonds EM, Gallard-Gongora JF, et al. Risk of gastroenteritis from swimming at a wastewater-impacted tropical beach varies across localized scales. *Appl Environ Microbiol*. 2023;89(3):e0103322. doi: 10.1128/aem.01033-22
 26. Bhatt A, Dada AC, Prajapati SK, Arora P. Integrating life cycle assessment with quantitative microbial risk assessment for a holistic evaluation of sewage treatment plant. *Sci Total Environ*. 2023;862:160842. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160842
 27. Rakhmanin YuA, Zhuravlev PV, Aleshnya VV, Panasovets OV. Application of the new culture medium for the isolation of Salmonella from water bodies to assess the epidemic safety of water use. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(5):483-490. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-483-490
 28. Parkhomenko SS, Ledeneva TM. [Neural network training using the Levenberg-Marquardt method in the context of big data]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Sistemnyy Analiz i Informatsionnye Tekhnologii*. 2014;(2):98-106. (In Russ.)
 29. Remezova AA, Tynchenko VV. [Application of artificial neural networks to solve forecasting problems]. *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2011;1(7):371. (In Russ.)
 30. Mehantyeve II. Sanitary, hygienic and epidemiological aspects of recreational water use of the population of the Upper Don River basin. *Zdorov'e Naseleniya i*

- Sreda Obitaniya*. 2020;(12(333)):23-29. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-23-29
31. Zhuravlev PV, Aleshnya VV, Panasovets OP, et al. Sanitary and bacteriological characteristics of water of the Lower Don. *Gigiena i Sanitariya*. 2012;91(4):28-31. (In Russ.)
 32. Marchenko BI, Zhuravlev PV, Deryabkina LA, Nesterova OA. Assessment of potential microbial risk caused by spread of waterborne infectious diseases in a river area with intensive water use. *Health Risk Analysis*. 2024;(4):81-96. doi: 10.21668/health.risk/2024.4.08.eng
 33. Cui Q, Huang Y, Wang H, Fang T. Diversity and abundance of bacterial pathogens in urban rivers impacted by domestic sewage. *Environ Pollut*. 2019;249:24-35. doi: 10.1016/j.envpol.2019.02.094
 34. Kalyuzhin AS, Bayrakova AL, Morozova MA, Latyshevskaya NI, Ruzhentsova TA. Monitoring of *Klebsiella pneumoniae* as one of the criteria of microecological characterization of a water body. *Gigiena i Sanitariya*. 2024;103(3):234-241. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-3-234-241
 35. Shamina OV, Samoylova EA, Novikova IE, Lazareva AV. *Klebsiella pneumoniae*: Microbiological characterization, antimicrobial resistance, and virulence. *Rossiyskiy Peditricheskiy Zhurnal*. 2020;23(3):191-197. (In Russ.) doi: 10.18821/1560-9561-2020-23-3-191-197

Сведения об авторах:

Журавлев Петр Васильевич – д.м.н., заведующий лабораторией санитарной микробиологии водных объектов и микробной экологии человека ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора; e-mail: pitthegreat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8196-3882>.

✉ **Марченко** Борис Игоревич – д.м.н., доцент, профессор Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Нестерова Олеся Александровна – аспирант Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Информация о вкладе авторов: управление проектом, концепция и дизайн исследования, санитарно-микробиологические исследования, сбор и обработка материала, редактирование: *Журавлев П.В.*; концепция и дизайн исследования, программное обеспечение, статистическая обработка, анализ и интерпретация результатов, литературный обзор, написание текста статьи: *Марченко Б.И.*; сбор материала, ресурсы и программное обеспечение, обучение искусственной нейронной сети, моделирование многолетней динамики и прогнозирование: *Нестерова О.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской 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: 18.05.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

Piotr V. **Zhuravlev**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Sanitary Microbiology of Water Bodies and Human Microbial Ecology, Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology; e-mail: pitthegreat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8196-3882>.

✉ Boris I. **Marchenko**, Dr. Sci. (Med.), docent; Professor, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Olesja A. **Nesterova**, Postgraduate, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Author contributions: project management, research concept and design, sanitary-microbiological studies, collection and processing of materials, editing: *Zhuravlev P.V.*; research concept and design, software, statistical and analytical data processing, interpretation the results, literature review, writing the manuscript: *Marchenko B.I.*; collection of materials, resources and software, training an artificial neural network, long-term dynamics modeling and forecasting: *Nesterova O.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: May 18, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Пространственный кластерно-приоритизационный анализ распределения комбинаций опасных для здоровья химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации

М.А. Землянова, Ю.В. Кольдибекова, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, Л.А. Ситчихина

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

Резюме

Введение. Территория РФ характеризуется значительным количеством промышленных предприятий, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Изучение пространственного распределения их сочетаний является актуальным для выявления региональных особенностей и территорий высокого риска их распространения и воздействия на здоровье населения.

Цель исследования: пространственный кластерно-приоритизационный анализ распределения комбинаций опасных химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации.

Материалы и методы. Анализ включал кластеризацию субъектов по векторам, определяющим экономическое развитие региона и здоровье населения; установление оптимального количества кластеров и входящих субъектов методом «локтя» и *k*-средних. Оценка средней динамики нестандартных проб в атмосферном воздухе проведена по данным формы № 18 Росстата за 2014–2024 гг. со сбором и обработкой информации Роспотребнадзором. Критерии приоритизации веществ: 1–2-й класс опасности, направленность биологического действия, доля нестандартных проб.

Результаты. Выделено 5 кластеров, объединяющих от 2 до 32 регионов со схожими признаками. Масштабное распространение комбинаций веществ в атмосферном воздухе с неравномерными локальными зонами установлено по 59 субъектам, преимущественно третьего и пятого кластеров, с количеством проживающего населения до 66,3 % от общей численности в стране. Максимальное увеличение частоты регистрации нестандартных проб до 6,2 раза установлено по бенз(а)пирену, фтору, оксидам алюминия, меди и марганца в Свердловской, Кемеровской, Челябинской, Иркутской областях, Алтайском, Красноярском и Пермском краях.

Заключение. Выделены кластеры, включающие 59 регионов с высокой концентрацией численности населения, с локальными зонами распространения от 2 до 7 комбинаций опасных веществ и существенной долей их нестандартных проб (до 20,9 %). Приоритизировано 7 субъектов, требующих первоочередных мер регулирования для предупреждения и снижения негативных последствий здоровью подверженного населения.

Ключевые слова: регионы РФ, атмосферный воздух, нестандартные пробы, комбинации химических веществ, кластеризация, пространственно-динамический анализ.

Для цитирования: Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Ситчихина Л.А. Пространственный кластерно-приоритизационный анализ распределения комбинаций опасных для здоровья химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 63–71. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-63-71

Spatial Cluster Prioritization Analysis of the Distribution of Combinations of Hazardous Air Pollutants in the Regions of the Russian Federation

Marina A. Zemlyanova, Yulia V. Koldibekova, Dmitry A. Kiryanov, Vladimir M. Chigvintsev, Lyubov A. Sitchikhina

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

Summary

Introduction: The territory of the Russian Federation is characterized by a significant number of industrial enterprises, all emitting hazardous air pollutants. The study of spatial distribution of their combinations is relevant for identifying regional characteristics and areas at risk of their spread and human exposure.

Objective: To conduct a spatial cluster prioritization analysis of the distribution of combinations of hazardous airborne chemicals in the regions of the Russian Federation.

Materials and methods: The analysis included clustering of the regions by vectors that determine economic development and health of the local population; establishing the optimal number of clusters and comprised regions using the elbow method and *k*-means. The dynamics of non-compliant ambient air samples was assessed based on data of Rosstat Reporting Form No. 18 for 2014–2024 collected and processed by the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. Criteria for priority setting included hazard class 1 or 2 of the chemical, its mode of action, and the proportion of exceedances.

Results: We identified five clusters consisting of two to 32 regions having similar characteristics. Large-scale distribution of combinations of airborne chemicals with uneven local zones was established in 59 regions, mainly of the third and fifth clusters, inhabited by almost 66.3 % of the population of the country. The maximum (up to 6.2-fold) increase in the frequency of non-compliant air samples with threshold exceedances of benzo[a]pyrene, fluorine, and oxides of aluminum, copper, and manganese was established in the Sverdlovsk, Kemerovo, Chelyabinsk, and Irkutsk regions, Altai, Krasnoyarsk, and Perm territories.

Conclusions: We identified clusters comprising 59 densely populated regions with local zones of distribution of two to seven combinations of hazardous air pollutants and a significant proportion of exceedances reaching 20.9 %. Priority was given to seven regions requiring urgent regulatory measures to prevent and mitigate adverse health effects in the exposed population.

Keywords: regions of the Russian Federation, ambient air, exceedances, combinations of air pollutants, clustering, dynamic spatial analysis.

Cite as: Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Kiryanov DA, Chigvintsev VM, Sitchikhina LA. Spatial cluster prioritization analysis of the distribution of combinations of hazardous air pollutants in the regions of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):63–71. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-63-71

Введение. Территория Российской Федерации характеризуется значительным количеством (порядка 185 тыс.) и разнообразием по профилю деятельности потенциально опасных стационарных объектов, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (предприятия химической промышленности, черной и цветной металлургии и др.)¹ [1–4]. По данным Государственной статистической отчетности общий объем выбросов от технологических и других процессов в атмосферный воздух за 2024 год составил около 17 млн т². Одновременное присутствие различных компонентов выбросов в атмосферном воздухе может образовывать смеси переменного состава, способные в силу своей токсичности, резорбтивного или рефлекторно-резорбтивного действия усиливать степень выраженности существующих негативных эффектов у подверженного населения или расширять спектр последствий со стороны здоровья [5–9].

Компонентный состав пыле-газовых выбросов от источников в атмосферный воздух городских и сельских поселений насчитывает порядка 2500 наименований веществ, характеризующихся различной химической структурой и степенью опасности для здоровья человека. Из них при совместном воздействии только для 51 смеси, включающей 91 вещество, установлен эффект суммации, который регламентируется действующими санитарными правилами и нормами³. При этом в настоящее время среди разнообразия химических веществ комбинированное воздействие для подавляющего большинства из них не учитывается, например, для таких чрезвычайно и высоко опасных (1–2-й класс опасности) для здоровья человека соединений, как диАлюминий триоксид, бенз(а)пирен, фтора, оксидов меди, никеля, марганца и хрома (VI).

Данные загрязнители входят в приоритетный перечень токсичных веществ в атмосферном воздухе (ATSDR)⁴, рекомендованный к изучению при их воздействии в составе смеси. Эти вещества при длительном ингаляционном поступлении обладают широким спектром однонаправленного повреждающего воздействия на организм, преимущественно на органы дыхания, нервную и сердечно-сосудистую системы. Окислы металлов способны проникать в различные отделы дыхательных путей, вызывая неблагоприятные последствия в виде усиления местных воспалительных и аллергических реакций, образования активных форм кислорода с последующим повреждением клеток эпителия, эндотелия и нейронов в результате свободнорадикальных процессов, приводящих к активации каспаз апоптоза [10, 11]. Окислы хрома (VI) и никеля, бенз(а)пирен оказывают повреждающее действие на

эпителиальные клетки, выстилающие дыхательные пути, подавляют активность альвеолярных макрофагов, тем самым нарушая барьерную функцию эпителия. Аллергические реакции, вызванные оксидами металлов, усиливают воспаление, что может вызывать нарушение функции легких [10–14]. Прямое цитотоксическое повреждающее действие на нейроны заключается в нарушении целостности мембран в результате дисбаланса внутриклеточной концентрации кальция, усиления высвобождения нейротрансмиттеров, стимуляции глутаматных рецепторов, активации воспалительных сигнальных путей [15, 16]. Помимо этого, бенз(а)пирен, фтор и его соединения, окислы алюминия, хрома (VI), никеля, меди, марганца способны повреждать эндотелий, индуцировать иммуновоспалительные реакции в сосудистой стенке. Это может привести к дисфункции сосудов [17–19].

В связи с этим актуальным является изучение пространственного распределения совместного присутствия химических веществ в атмосферном воздухе для выявления региональных особенностей и территорий с высоким риском распространения их опасных комбинаций, требующих мер первоочередного регулирования.

Цель исследования – пространственный кластерно-приоритизационный анализ распределения комбинаций опасных химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации.

Материалы и методы. Исходные данные для кластерного анализа представляли собой матрицу размерностью [85 x 4], содержащую показатели по 85 субъектам РФ. В качестве переменных применяли 4 показателя, характеризующих три исследуемых блока: 1) экономическое развитие региона – валовый региональный продукт на душу населения (тыс. руб.); 2) здоровье населения – заболеваемость населения от всех причин (сл./100 тыс.) и общий коэффициент смертности (сл./100 тыс.); 3) качество атмосферного воздуха – доля нестандартных проб по содержанию веществ в атмосферном воздухе субъектов РФ (%). Перед проведением кластерного анализа выполнена стандартизация (Z-score нормализация) показателей различной физической размерности. Оптимизация числа кластеров выполнена с помощью метода «локтя» с анализом внутрикластерной дисперсии (сумма квадратов внутрикластерных расстояний) [20]. Количество субъектов в каждом кластере определяли метрическим методом *k*-средних на основе итерационного процесса минимизации среднеквадратичного расстояния между показателями анализируемых признаков и центроидом кластера (медиана всех признаков для всех регионов, входящих в данный кластер), т. е. исходили из положения,

¹ Информация о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (Форма статистической отчетности 2-ТП (воздух) за 2024 год. Раздел 3. Источники загрязнения атмосферы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 02.09.2025).

² Информация о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (Форма статистической отчетности 2-ТП (воздух) за 2024 год. Раздел 1. Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ за отчетный год, тонн [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 17.04.2025).

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf

⁴ Список приоритетных веществ, рекомендованный к созданию токсикологических профилей [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.atsdr.cdc.gov/programs/substance-priority-list.html#cdc_program_profile_overview-background (дата обращения: 16.04.2025).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-63-71>
Original Research Article

что чем меньше установленное расстояние, тем более «типичен» субъект для данного кластера [20]. Среднекластерные значения показателей сопоставляли со среднероссийским уровнем за 2024 год. Картографическое отображение кластерных пространственных паттернов, объединяющих субъекты РФ по схожим показателям комплексной оценки состояния региона, выполнено с помощью платформы QGIS 3.34.7 Prizen. Последующим этапом исследования для более детальной характеристики кластеров с выявлением приоритетных загрязнителей являлся описательный анализ среднесуточной динамики проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ по форме № 18 (годовая) «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» Росстата. Детализация за период 2014–2024 гг. проведена по взвешенным веществам, серы диоксиду, дигидросульфиду, углерода оксиду, сероуглероду, азота диоксиду, азота оксиду, аммиаку, гидроксibenзолу и его производным, формальдегиду, серной кислоте, бенз(а)пирену, фтору и его соединениям, хлору и его соединениям, углеводородам ароматическим (бензол, толуол, ксилол), углеводородам алифатическим предельным и непредельным, синтетическим жирным кислотам, тяжелым металлам (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, марганец), аминам (алифатические и ароматические), акрилатам, малеиновому ангидриду, фталевому ангидриду, полихлорированным бифенилам; за 2019–2024 гг. – по ацетону, акролеину, бутанолу, пропанолу, этанолу, бутилацетату, этилацетату, этилбензолу, стиролу; за 2022–2024 гг. – по углероду, 1,2-дихлорэтану, 1-бутантиолу, оксидам

меди, никеля и хрома, диАлюминия триоксида, ацетальдегиду, бензину, бута-1,3-диену, гидрохлориду, гидроцианиду, диВанадия пентоксиду (пыли), диЖелеза триоксиду, диметилдисульфиду, диметилсульфиду. Сбор и обработка первичных данных осуществлялась в системе Роспотребнадзора. Критериями приоритизации загрязнителей являлись: 1–2-й класс опасности, резорбтивная или рефлекторно-резорбтивная направленность биологического действия, доля нестандартных проб более 0,5 %. Пространственный анализ распределения нестандартных проб выполнен для 7 приоритетных веществ (бенз(а)пирена, диАлюминия триоксида, фтора и его соединений, оксидов меди, никеля, хрома (VI) и марганца). Применяли непараметрический критерий Колмогорова – Смирнова для проверки нормальности распределения; параметрический *t*-критерий Стьюдента при заданной значимости $p \leq 0,05$ при сравнении двух независимых выборок; рассчитывали среднюю арифметическую (*M*) и ошибку средней (*m*). Описательную статистику осуществляли с помощью среды Statistica 10.

Результаты исследования. Типологизация 85 субъектов РФ на основе кластерного анализа позволила выделить 5 пространственных паттернов, объединяющих регионы (от 2 до 32) со схожими анализируемыми признаками (рисунок).

Анализ кластерного распределения позволил выделить первый и четвертый как резко отличающиеся от трех других (табл. 1).

Первый кластер (республики Хакасия, Тыва, Ингушетия, Забайкальский край с общим количеством населения 1,6 % от численности РФ) характеризуется высокой частотой регистрации

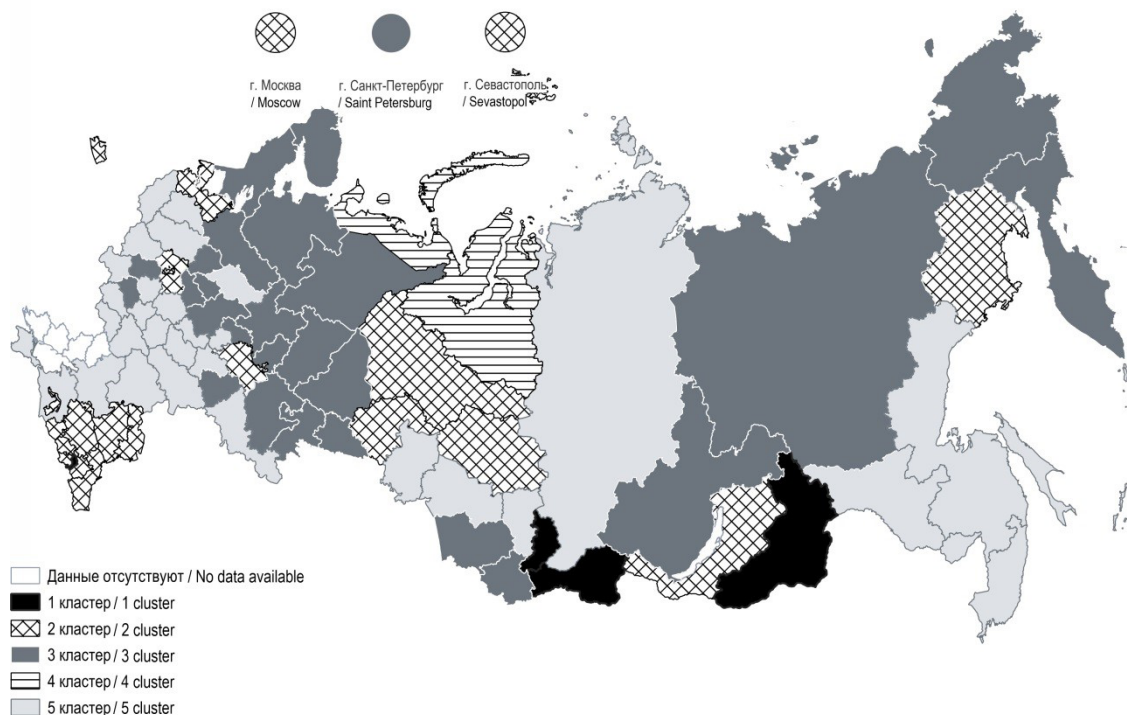


Рисунок. Картографическое отображение кластерных пространственных паттернов, объединяющих субъекты РФ по схожим показателям комплексной оценки состояния региона

Figure. Cartographic display of spatial cluster patterns uniting the Russian regions by similar indicators of a comprehensive assessment of their state

загрязнения атмосферного воздуха и низким уровнем общей заболеваемости и смертности относительно других кластеров и среднероссийских показателей. По данным федерального статистического наблюдения средняя доля нестандартных проб за 2024 год составила 8,5 %, что в 10,8 раза выше среднероссийского показателя. Общая заболеваемость населения в данном кластере отмечается на уровне 78 030 сл./100 тыс., смертность – на 979 сл./100 тыс., что на 12,1 и 24,5 % ниже соответствующих среднероссийских значений. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в данном кластере являются преимущественно (до 60,0 % от общего числа нестандартных проб) вещества 3–4-го классов опасности (дигидросульфид, фенол, ароматические углеводороды, азота оксид и диоксид, взвешенные вещества и др.).

Четвертый кластер (Ненецкий и Ямало-Ненецкий автономные округа с общим количеством населения, составляющего 0,4 % от численности РФ) по данным Росстата, характеризуется самым высоким показателем ВРП на душу населения (в 11,6 раза выше среднероссийского уровня), наиболее высоким показателем общей заболеваемости (в 1,7 раза выше) и наиболее низкой смертностью населения (в 1,6 раза ниже). В данном кластере нестандартные пробы по загрязняющим веществам в атмосферном воздухе не зарегистрированы.

Второй, третий и пятый кластеры в целом представлены 79 субъектами РФ. Между собой эти кластеры в основном сопоставимы по показателям средней доли нестандартных проб атмосферного воздуха, ВРП на душу населения, общей заболеваемости и смертности. Так, во втором кластере, включающем 20 субъектов РФ с общей численностью населения 31,7 %, установлено, что основными загрязнителями атмосферного воздуха, по которым регистрируются нестандартные пробы, являются преимущественно вещества 3–4-го классов опасности. К ним относятся взвешенные вещества, тяжелые металлы, этиловый эфир уксусной кислоты, углевод (сажа), сульфид водорода, керосин, метантиол, аммиак, оксид азота (IV), углерода оксид, нефтепродукты и др., составляющие до 80,0 % от общего числа нестандартных проб. Доля проб нестандартных по содержанию бенз(а)пирена, бензола и акролеина

(вещества 1–2-го классов опасности) составила до 20,0 % от общего количества нестандартных проб. Данный кластер практически не имеет существенных различий анализируемых показателей со среднероссийскими значениями и показателями третьего и четвертого кластеров.

Третий и пятый кластеры резко отличаются от трех других (первого, второго и четвертого) наиболее высоким уровнем общей смертности населения, превышающим среднероссийские показатели на 10,1 и 17,5 % соответственно. Данные кластеры многочисленны и включают 27 и 32 субъекта соответственно с общей численностью населения 30,9 и 35,4 %. Нестандартные пробы, составляющие до 50,0 % от общего числа проб, представлены веществами 1–2-го классов опасности. Основными загрязнителями являются взвешенные вещества этилбензол, бенз(а)пирен, этаналь, диметилбензол, меди, никеля, алюминия, хрома, марганца оксиды, фтор и его соединения, неорганическая пыль с разным содержанием двуокси кремния (менее 20 %; 20–70 %) и др.

В целом описательный гигиенический анализ сложившейся ситуации в субъектах РФ за 2014–2024 гг., входящих во все пять кластеров, позволил выделить 55 загрязняющих веществ, поступающих в составе выбросов от стационарных и передвижных источников в атмосферный воздух, по которым регистрируются нестандартные пробы. Приоритизация загрязнителей по комплексу критериев, характеризующих степень опасности для здоровья населения, позволила выделить из 55 загрязняющих веществ 10, а именно: акролеин, бенз(а)пирен, фенол, диАлюминий триоксид, бензол, оксиды марганца, меди, никеля, хрома (VI), фтор и его соединения, относящихся к чрезвычайно и высокоопасным (1–2-й класс опасности) и обладающих резорбтивной и рефлекторно-резорбтивной направленностью биологического действия с долей нестандартных проб от 0,5 до 36,9 %. Их одновременное присутствие в атмосферном воздухе может образовывать опасные комбинации, представляющие регулярную угрозу здоровью человека.

Анализ компонентного состава 51 смеси загрязняющих веществ при совместном присутствии в атмосферном воздухе, представленной в действующих

Таблица 1. Среднекластерные значения векторных показателей за 2024 год, $M \pm m$

Table 1. Mean cluster values of vector indicators for 2024, $M \pm m$

Кластер / Cluster	Количество субъектов, входящих в кластер / Number of regions in the cluster	Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК (в городских поселениях), % / Proportion of urban ambient air samples with pollutant concentrations above MACs, %	Валовый региональный продукт на душу населения, тыс. руб. / Gross regional product per capita, thousand rubles	Совокупность всех заболеваний населения, сл./100 тыс. / All diseases, cases per 100,000 population	Общий коэффициент смертности, сл./100 тыс. / All-cause mortality rate, deaths per 100,000 population
1	4	8,52 ± 0,83	421,41 ± 112,01	78 029,9 ± 23 141,7	978,8 ± 280,2
2	20	0,40 ± 0,15	907,11 ± 208,77	75 826,9 ± 6 153,1	1 049,8 ± 115,8
3	27	0,37 ± 0,10	911,03 ± 117,64	111 837,2 ± 6 165,8	1 427,1 ± 92,9
4	2	0,00 ± 0,00	11 119,92 ± 666,44	147 688,6 ± 43 722,1	813,2 ± 243,99
5	32	0,54 ± 0,16	701,87 ± 895,09	81 339,5 ± 3 231,6	1 522,8 ± 49,7
РФ / RF	85	0,79 ± 0,20	958,81 ± 185,04	88 748,5 ± 2 351,6	1 296,0 ± 34,8

санитарных нормам и правилах, показал, что бенз(а)пирен, окиси алюминия и хрома (VI) как изученные вещества, обладающие эффектом суммации, в данном перечне отсутствуют. Сочетание оксидов марганца, меди и никеля, фтора и его неорганических соединений изучены лишь в некоторых комбинациях с другими менее опасными и токсичными веществами. Общее количество проживающего населения, где определяются и регистрируются нестандартные пробы перечисленных комбинаций веществ, составляет порядка 66,3 % от общей численности РФ.

Пространственный анализ распределения нестандартных проб бенз(а)пирена, диАлюминия триоксида, фтора и его соединений, оксидов меди, никеля, хрома (VI) и марганца (по данным федерального статистического наблюдения за 2020–2024 гг.) показал масштабность их регионального распространения. В атмосферном воздухе 75 субъектов РФ (88,0 % от общего количества) представлено от 1 до 7 веществ в различных сочетаниях. Наблюдается неравномерная диффузия этих веществ по территории страны, в большей степени сосредоточенная в атмосферном воздухе регионов Сибирского, Уральского, Приволжского и Центрального Федеральных округов, входящих преимущественно в состав третьего и пятого кластеров с высокой концентрацией населения. Присутствие одновременно от двух до семи веществ в различных сочетаниях представлено в атмосферном воздухе 65 субъектов РФ (76,0 % от общего количества). При этом максимальные сочетания (6–7 наименований одновременно) установлено в атмосферном воздухе 17 территорий (26,0 % от общего количества) с численностью населения 37,0 % от всего населения РФ. К ним относятся Алтайский, Красноярский, Пермский края,

Белгородская, Вологодская, Иркутская, Липецкая, Омская, Оренбургская, Пензенская, Свердловская, Тульская, Челябинская, области, г.г. Москва, Санкт-Петербург, республики Башкортостан, Татарстан. Распределение опасных сочетаний изучаемых веществ в атмосферном воздухе регионов РФ подтверждено результатами анализа среднемесячной динамики нестандартных проб (табл. 2).

В целом доля нестандартных проб по содержанию изучаемых веществ в атмосферном воздухе представленных регионов представлена на уровне от 0,10 до 20,9 % от общего количества проб. При этом одновременно нестандартные пробы по содержанию бенз(а)пирена, диАлюминия триоксида, фторсодержащих неорганических соединений, оксидов марганца, меди, никеля и хрома (VI) регистрировали в Красноярском крае; по бенз(а)пирену, диАлюминию триоксиду, фторсодержащим неорганическим соединениям, оксидам марганца, меди и никеля – в Свердловской области; по бенз(а)пирену, фтору и его соединениям, оксидам марганца, меди и никеля – в Челябинской области; по бенз(а)пирену, фтору и его соединениям, оксидам марганца, меди и хрома (VI) – в Иркутской области; по бенз(а)пирену, оксидам марганца и никеля – в Липецкой области; по бенз(а)пирену, фтору и его соединениям, металлоксидным соединениям марганца и меди – в Пермском крае; по бенз(а)пирену, фтору и его соединениям – Алтайском крае, Кемеровской области. Вместе с тем в 35 регионах, включая Московскую, Ленинградскую, Белгородскую, Кировскую, Нижегородскую, Орловскую области, Республику Татарстан, Хабаровский край, Ханты-Мансийский автономный округ и др. (с численностью 34,3 %), регистрировали стабильное поступление

Таблица 2. Средняя доля нестандартных проб (%) бенз(а)пирена, диАлюминия триоксида, фтора и его соединений, оксидов меди, никеля, хрома и марганца в атмосферном воздухе

Table 2. The average percentage of ambient air samples with threshold exceedances of benzo[a]pyrene, aluminum(III) oxide, fluorine and its compounds, copper, nickel, chromium and manganese oxides

№	Субъект / Region	Кластер / Cluster	Бенз(а)-пирен* / Benzo[a]-pyrene*	ДиАлюминий триоксид** / Aluminum (III) oxide**	Фтор и его соединения* / Fluorine and its compounds*	Марганца оксид* / Manganese oxide*	Меди оксид** / Copper oxide**	Никеля оксид** / Nickel oxide**	Хрома (VI) оксид** / Chromium (VI) oxide**
1.	Красноярский край / Krasnoyarsk Krai	5	20,90 ± 4,27	3,61 ± 1,05	0,23 ± 0,06	1,28 ± 0,34	1,40 ± 0,30	0,22 ± 0,03	1,48 ± 0,44
2.	Пермский край / Perm Krai	3	5,00 ± 1,25	нпо / < LOQ	0,13 ± 0,02	0,34 ± 0,10	0,24 ± 0,07	нпо / < LOQ	нпо / < LOQ
3.	Свердловская область / Sverdlovsk Region	3	6,80 ± 2,01	0,27 ± 0,08	0,30 ± 0,06	0,26 ± 0,05	0,18 ± 0,003	0,25 ± 0,08	нпо / < LOQ
4.	Челябинская область / Chelyabinsk Region	3	13,23 ± 2,69	нпо / < LOQ	0,22 ± 0,04	0,95 ± 0,29	0,04 ± 0,01	0,10 ± 0,02	нпо / < LOQ
5.	Иркутская область / Irkutsk Region	3	2,96 ± 0,88	нпо / < LOQ	5,91 ± 1,63	0,23 ± 0,04	0,18 ± 0,05	нпо / < LOQ	0,10 ± 0,03
6.	Липецкая область / Lipetsk Region	5	0,92 ± 0,16	нпо / < LOQ	нпо / < LOQ	0,10 ± 0,02	–	0,20 ± 0,04	нпо / < LOQ
7.	Алтайский край / Altai Krai	3	20,0 ± 3,45	–	0,77 ± 0,13	нпо / < LOQ	нпо / < LOQ	нпо / < LOQ	нпо / < LOQ
8.	Кемеровская область / Kemerovo Region	5	14,01 ± 4,03	нпо / < LOQ	10,52 ± 2,16	нпо / < LOQ	–	–	нпо / < LOQ

Примечание: «нпо» — ниже предела количественного определения в атмосферном воздухе; «–» содержание вещества в атмосферном воздухе на данной территории не контролируется; «*» — доля нестандартных проб за период 2014–2024 гг.; «**» — доля нестандартных проб за период 2020–2024 гг.

Notes: < LOQ, below the limit of quantification; the dash means the absence of measurements; *percentage of non-compliant samples in 2014–2024; **percentage of non-compliant samples in 2020–2024.

в атмосферный воздух (в пределах 1 ПДК) компонентов изучаемых комбинаций, что свидетельствует об их потенциальной опасности для здоровья.

Анализируя десятилетнюю динамику нестандартных проб атмосферного воздуха (2014–2024 гг.) можно установить увеличение их доли по бенз(а)пирену в 2,3–3,6 раза, диАлюминию триоксиду в 6,2 раза, фтору и его соединениям в 1,9–2,2 раза, меди оксиду в 2,2 раза, марганца оксиду в 3,2–4,4 раза в Красноярском и Пермском краях, Кемеровской, Свердловской, Челябинской и Иркутской областях. Отмечается постоянная регистрация нестандартных проб (до 1,0 %) по содержанию оксидов никеля в Красноярском крае.

Обсуждение. Представленные результаты исследований показывают масштабное распространение одновременных комбинаций диАлюминия триоксида, фтора и его соединений, бенз(а)пирена, оксидов меди, никеля, хрома и марганца в атмосферном воздухе с неравномерными локальными зонами по 59 субъектам, входящим, преимущественно в третий и пятый кластеры с численностью населения до 66,3 % от общей численности населения РФ. Пространственно-динамический анализ распределения по регионам изучаемых веществ в различных по качественному и количественному составу химических комбинаций, не регламентируемых в рамках действующего санитарного законодательства, не отличающихся особой опасностью для здоровья населения, позволил выделить 29 территорий с наиболее высокой частотой регистрации нарушений гигиенических нормативов содержания изучаемых веществ в атмосферном воздухе. К ним относятся Алтайский, Красноярский, Пермский края, Белгородская, Вологодская, Иркутская, Липецкая, Омская, Оренбургская, Пензенская, Свердловская, Тульская, Челябинская, области, г.г. Москва, Санкт-Петербург, республики Башкортостан, Татарстан и др.

Источниками поступления бенз(а)пирена, соединений алюминия и фтора в составе пыле-газовых выбросов в атмосферный воздух, в первую очередь, являются предприятия цветной металлургии алюминиевой отрасли горно-металлургической промышленности в регионах присутствия (Кемеровская, Иркутская, Свердловская, Волгоградская, Ленинградская, Мурманская области, Красноярский и Пермский края и др.) [21–24]. Этапы добычи, приема и хранения сырья, электролиза и переработки алюминия сопровождаются формированием и поступлением в атмосферный воздух в составе выбросов помимо общераспространенных, специфичных соединений – оксидов алюминия, твердых фторидов, фтористого водорода, бенз(а)пирена [24].

Источниками поступления оксидов меди, никеля, хрома и марганца в различных сочетаниях являются предприятия цветной металлургии, в основном медной и медно-никелевой горнодобывающих отраслей промышленности (Красноярский край, Свердловская, Челябинская, Мурманская области и др.), черной металлургии, горнообогатительной промышленности, в том числе железной, хромовой и марганцевой руд (Белгородская, Оренбургская, Липецкая, Челябинская, Свердловская, Кемеровская,

Новосибирская области и др.) [25–27]. В процессе добычи, обогащения, легирования и переработки руд, на этапах приемки, хранения, обработки, транспортировки сырья основными компонентами выбросов в атмосферный воздух среди других веществ окислы и сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь), окислы никеля, марганца, хрома и алюминия, входящие в состав кремний-содержащей пыли, сульфаты магния и др. Кроме этого, функционирование указанных предприятий в части выработки, отпуска и передачи электрической и тепловой энергии обеспечивают ТЭЦ, являющиеся дополнительными источниками выбросов в атмосферный воздух соединений хрома (VI) и марганца [28–30].

Систематизация данных и выявление закономерностей распределения комбинаций опасных для здоровья химических веществ в атмосферном воздухе регионов Российской Федерации, выполненные на основе применения кластерно-приоритизационного подхода, имеет ряд ограничений. Они заключаются в чувствительности метода к выбору анализируемых признаков, начальным характеристикам центров кластеров и субъективности интерпретации результатов, зависящих от экспертных знаний в предметной области. Кроме того, системный мониторинг загрязнения атмосферного воздуха комбинациями опасных химических веществ в ряде субъектов РФ ограничен определенным перечнем веществ и периодом статистического наблюдения. Это может создавать фрагментарность данных на некоторых территориях и сложности в оценке рисков здоровью населения.

Заключение. Полученные результаты пространственного анализа распределения комбинаций химических веществ в атмосферном воздухе субъектов РФ позволили выделить два кластера, включающих наибольшее количество регионов (суммарно 59) с населением до 66,0 % от общей численности в стране, с локальными зонами распространения от двух до семи опасных сочетаний веществ (на примере оксидов меди, никеля, хрома, марганца, алюминия, фторсодержащих неорганических соединений и бенз(а)пирена) и существенной долей их нестандартных проб (до 20,9 %). В этих кластерах приоритизированы 7 территорий – Красноярский, Пермский, Алтайский края, Свердловская, Челябинская, Иркутская, Кемеровская области, требующих первоочередных мер регулирования, направленных на предупреждение и снижение негативных последствий со стороны здоровья подверженного населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марчук Н.А., Куленцан А.Л. Динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ стационарными и передвижными источниками // Modern Science. 2021. № 12-2. С. 373–376. EDN ZEYCMS.
2. Клепиков О.В. Епринцев С.А., Шекоян С.В. Анализ данных социально-гигиенического мониторинга регионов России, определяющих эколого-гигиеническую безопасность населения // Санитарный врач. 2020. № 1. С. 60–66. doi: 10.33920/med-08-2001-08. EDN GCUFZF.
3. Сковронская С.А., Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Иванова С.В. Приоритетные факторы риска для

- здоровья населения крупных промышленных городов // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 4. С. 459-467. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-4-459-467
4. Климов П.В., Андреева Е.С. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и аэрогенного риска здоровью населения города Новочеркасска // Безопасность техногенных и природных систем. 2024. Т. 8. № 3. С. 49-56. doi: 10.23947/2541-9129-2024-8-3-49-56
 5. Carlin D.J., Rider C.V. Combined Exposures and Mixtures Research: An Enduring NIEHS Priority. *Environmental Health Perspectives*. 2024. Vol.132 (7). P. 07501-1 – 0751-11. doi: 10.1289/EHP14340705
 6. Golmohammadi R, Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – A systematic review. *Noise Health*. 2019;21(101):125-141. doi: 10.4103/nah.NAH_4_18
 7. Шевляков В.В., Сычик С.И. Особенности комбинированного действия смеси химических аллергенов // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 130-137. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.15
 8. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография : в 2 т.; под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. 2-е изд., перераб. и доп. М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2024. Т. 2. С. 770-772.
 9. Mustafa E, Valente MJ, Vinggaard AM. Complex chemical mixtures: Approaches for assessing adverse human health effects. *Curr Opin Toxicol*. 2023;34:100404. doi: 10.1016/j.cotox.2023.100404
 10. Socianu S, Bopp SK, Govarts E, et al. Chemical mixtures in the EU population: composition and potential risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(10):6121. doi: 10.3390/ijerph19106121
 11. Шалина Т.И. Гигиеническая оценка риска здоровью населения в зоне влияния производств алюминия // Сибирский медицинский журнал. 2009. Т. 91. № 8. С. 128-129.
 12. Szűcs-Somlyó É., Lehel J., Májlinger K., Lőrincz M., Kővágó C. Metal-oxide inhalation induced fever - Immunotoxicological aspects of welding fumes // *Food Chem Toxicol*. 2023; 175:113722. doi: 10.1016/j.fct.2023.113722
 13. Kővágó C, Szekeres B, Szűcs-Somlyó É, Májlinger K, Jerszele Á, Lehel J. Preliminary study to investigate the distribution and effects of certain metals after inhalation of welding fumes in mice. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022;29(32):49147-49160. doi: 10.1007/s11356-022-19234-7
 14. Venter C, Oberholzer HM, Bester J, van Rooy MJ, Bester MJ. Ultrastructural, confocal and viscoelastic characteristics of whole blood and plasma after exposure to cadmium and chromium alone and in combination: An ex vivo study. *Cell Physiol Biochem*. 2017;43(3):1288-1300. doi: 10.1159/000481841
 15. Shinoda Y, Sadakata T, Yagishita K, et al. Aspects of excitatory/inhibitory synapses in multiple brain regions are correlated with levels of brain-derived neurotrophic factor/neurotrophin-3. *Biochem Biophys Res Commun*. 2019;509(2):429-434. doi: 10.1016/j.bbrc.2018.12.100
 16. Fuedner C, Kohlschmidt J, Riemschneider S, et al. Benzo(a)pyrene attenuates the pattern-recognition-receptor induced proinflammatory phenotype of murine macrophages by inducing IL-10 expression in an aryl hydrocarbon receptor-dependent manner. *Toxicology*. 2018;409:80-90. doi: 10.1016/j.tox.2018.07.011
 17. Fu C, Li Y, Xi H, et al. Benzo(a)pyrene and cardiovascular diseases: An overview of pre-clinical studies focused on the underlying molecular mechanism // *Front Nutr*. 2022. no. 4(9). P. 978475. doi: 10.3389/fnut.2022.978475
 18. Исмагуллозада С.И., Мурадов А.М., Мурадов А.А. Состояние липидного обмена, перекисного окисления липидов, антиоксидантной защиты и эндотелиальной дисфункции при рефрактерной дислипидемии // Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. 2020. Т. 10. № 4. С. 349-356. doi: 10.31712/2221-7355-2020-10-4-349-356
 19. Ядыкина Т.К., Коротенко О.Ю., Панев Н.И., Семенова Е.А., Жукова А.Г., Михайлова Н.Н. Клинико-экспериментальные исследования сердечно-сосудистых нарушений в условиях фтористой интоксикации организма // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 6. С. 375-380. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-6-375-380
 20. Shi C, Wei B, Wei S, Wang W, Liu H, Liu J. A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm. *J Wireless Com Network*. 2021;31(2021). doi: 10.1186/s13638-021-01910-w
 21. Окснер Е.П., Мурашева Е.В. Исследование рынка алюминия: ключевые тенденции, факторы и перспективы // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». 2024. № 15(4). С. 177-185.
 22. Кислицина В.В., Суржиков Д.В., Голиков Р.А., Ликонцева Ю.С. Неканцерогенный риск для здоровья населения промышленного города от влияния атмосферных выбросов алюминиевого завода // Медицина в Кузбассе. 2024. Т. 23. № 3. С. 32-38. doi: 10.24412/2687-0053-2024-3-32-38
 23. Постева М.А., Слуковский З.И. Анализ атмосферных выбросов в г. Мурманске и их связь с загрязнением городских озер // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24. № 2. С. 190-201. doi: 10.21443/1560-9278-2021-24-2-190-201
 24. Мещурова Т.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах Пермского края // Вестник НВГУ. 2020. № 1. С. 110-119. doi: 10.36906/2311-4444/20-1/17
 25. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. № 6. С. 17-22. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
 26. Канимбуге Л.С., Толстых Н.Д., Криволуцкая Н.А., Таловина И.В. Особенности морфологии и состава минералов благородных металлов во вмещающих и массивных рудах центральной части Октябрьского месторождения, Норильский район // *Proceedings of Higher Educational Establishments: Geology and Exploration*. 2024. № 66(1). С. 88-98. doi: 10.32454/0016-7762-2024-66-1-88-98
 27. Aleksandrova T., Nikolaeva N., Afanasova A., Romashev A., Aburova V., Prokhorova E. Extraction of Low-Dimensional Structures of Noble and Rare Metals from Carbonaceous Ores Using Low-Temperature and Energy Impacts at Succeeding Stages of Raw Material Transformation. *Minerals*. 2023;13(1):84. doi: 10.3390/min13010084
 28. Вира Д.Ю. Перспективы развития рынков медной промышленности России в новых условиях // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 3-3. С. 344-354.
 29. Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Волгарева А.Д., Мулдашева Н.А. Медицина труда работников подземных профессий производства добычи полиметаллических медно-цинковых руд // Санитарный врач. 2020. № 5. С. 9-22.
 30. Глушакова О.В., Черникова О.П. Влияние предприятий черной металлургии на качество атмосферного воздуха как экологической составляющей устойчивого развития территорий. Сообщение 2 // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. 2021. № 64(8). С. 561-571. doi: 10.17073/0368-0797-2021-8-561-571

REFERENCES

1. Marchuk NA, Kulentsan AL. [Dynamics of emissions of pollutants by stationary and mobile sources.] *Modern Science*. 2021;(12-2):373-376. (In Russ.)
2. Klepikov OV, Eprintsev SA, Shekoyan SV. Data analysis of social hygiene monitoring in Russian regions determining environmental and hygienic safety for population. *Sanitarnyy Vrach*. 2020;(1):60-66. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2001-08
3. Skovronskaya SA, Meshkov NA, Valtseva EA, Ivanova SV. Priority risk factors for population health in large industrial cities. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(4):459-467. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-4-459-467
4. Klimov PV, Andreeva ES. Assessment of the level of air pollution and aerogenic risk to the health of the people of Novocherkassk. *Bezopasnost' Tekhnogennykh i Prirodnnykh Sistem*. 2024;8(3):49-56. (In Russ.) doi: 10.23947/2541-9129-2024-8-3-49-56
5. Carlin DJ, Rider CV. Combined Exposures and Mixtures Research: An Enduring NIEHS Priority. *Environmental Health Perspectives*. 2024;132(7): 07501. doi: 10.1289/EHP14340705
6. Golmohammadi R, Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – A systematic review. *Noise Health*. 2019;21(101):125-141. doi: 10.4103/nah.NAH_4_18
7. Shevlaykov VV, Sychyk SI. Peculiarities related to combined effects produced by chemical allergens mixture. *Health Risk Analysis*. 2019;(2):130-137. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.15.eng
8. Onishchenko GG, Zaitseva NV, Mai IV, et al. Health risk analysis in the strategy of state socio-economic development [Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya]: v 2 t.; pod obshch. red. G.G. Onishchenko, N.V. Zaitsevoi. 2-e izd., pererab. i dop. Perm': Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta, 2024. T. 2. P. 770-772. (In Russ.)
9. Mustafa E, Valente MJ, Vinggaard AM. Complex chemical mixtures: Approaches for assessing adverse human health effects. *Curr Opin Toxicol*. 2023;34:100404. doi: 10.1016/j.cotox.2023.100404
10. Socianu S, Bopp SK, Govarts E, et al. Chemical mixtures in the EU population: composition and potential risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(10):6121. doi: 10.3390/ijerph19106121
11. Shalina TI. The hygienic estimate of the risk for human health among the population in the areas connecting with aluminium production. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal (Irkutsk)*. 2009;91(8):128-129. (In Russ.)
12. Szűcs-Somlyó É, Lehel J, Májlínger K, Lőrincz M, Kővágó C. Metal-oxide inhalation induced fever – Immunotoxicological aspects of welding fumes. *Food and Chemical Toxicology*. 2023;175:113722. doi: 10.1016/j.fct.2023.113722
13. Kővágó C, Szekeres B, Szűcs-Somlyó É, Májlínger K, Jerzsele Á, Lehel J. Preliminary study to investigate the distribution and effects of certain metals after inhalation of welding fumes in mice. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022;29(32):49147-49160. doi: 10.1007/s11356-022-19234-7
14. Venter C, Oberholzer HM, Bester J, van Rooy MJ, Bester MJ. Ultrastructural, confocal and viscoelastic characteristics of whole blood and plasma after exposure to cadmium and chromium alone and in combination: An ex vivo study. *Cell Physiol Biochem*. 2017;43(3):1288-1300. doi: 10.1159/000481841
15. Shinoda Y, Sadakata T, Yagishita K, et al. Aspects of excitatory/inhibitory synapses in multiple brain regions are correlated with levels of brain-derived neurotrophic factor/neurotrophin-3. *Biochem Biophys Res Commun*. 2019;509(2):429-434. doi: 10.1016/j.bbrc.2018.12.100
16. Fuedner C, Kohlschmidt J, Riemschneider S, et al. Benzo(a)pyrene attenuates the pattern-recognition-receptor induced proinflammatory phenotype of murine macrophages by inducing IL-10 expression in an aryl hydrocarbon receptor-dependent manner. *Toxicology*. 2018;409:80-90. doi: 10.1016/j.tox.2018.07.011
17. Fu C, Li Y, Xi H, et al. Benzo(a)pyrene and cardiovascular diseases: An overview of pre-clinical studies focused on the underlying molecular mechanism. *Frontiers in Nutrition*. 2022;4(9):978475. doi: 10.3389/fnut.2022.978475
18. Ismatulozoda SI, Muratov AM, Muradov AA. The state of lipid metabolism, lipid peroxidation, antioxidant protection and endothelial dysfunction in refractory dyslipidemia. *Vestnik Akademii Meditsinskikh Nauk Tadzhikistana*. 2020;10(4):349-356. (In Russ.) doi: 10.31712/2221-7355-2010-4-349-356
19. Yadykina TK, Korotenko OYu, Panev NI, Semenova EA, Zhukova AG, Mikhailova NN. Clinical and experimental studies of cardiovascular disorders in the conditions of fluoride intoxication of the body. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(6):375-380. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-6-375-380
20. Shi C, Wei B, Wei S, Wang W, Liu H, Liu J. A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm. *J Wireless Com Network*. 2021;31(2021). doi: 10.1186/s13638-021-01910-w
21. Oksner EP, Murashova EV [Aluminum market research: key trends, factors and prospects.] *Jelektronnoe nauchnoe izdanie «Uchenye zametki TOGU»*. 2024;15(4):177-185. (In Russ.)
22. Kislitsyna VV, Surzhikov DV, Golikov RA, Likontseva YuS. Non-carcinogenic risk to the health of the population of an industrial city from the influence of atmospheric emissions from an aluminum plant. *Meditsina v Kuzbasse*. 2024;23(3):32-38. (In Russ.) doi: 10.24412/2687-0053-2024-3-32-38
23. Postevaya MA, Slukovskii ZI. Analysis of atmospheric emissions in Murmansk and their relationship with pollution of urban lakes. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2021;24(2):190-201. (In Russ.) doi: 10.21443/1560-9278-2021-24-2-190-201
24. Meshchurova TA. Assessment of air pollution in the cities of Perm region. *Vestnik Nizhnevartovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2020;(1):110-119. (In Russ.) doi: 10.36906/2311-4444/20-1/17
25. Dolgushina NA, Kuvshinova IA. Air pollution and non-cancerogenic risk assessment in industrial cities of Chelyabinsk region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;(6):17-22. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
26. Canhimbue LS, Tolstykh ND, Krivolutsкая NA, Talovina I.V. Morphological features and composition of noble metal minerals in disseminated and massive ores of the central part of the Oktyabrskoe deposit, Norilsk region. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(1):88-98. (In Russ.) doi: 10.32454/0016-7762-2024-66-1-88-98
27. Aleksandrova T, Nikolaeva N, Afanasova A, Romashev A, Aburova V, Prokhorova E. Extraction of Low-Dimensional Structures of Noble and Rare Metals from Carbonaceous Ores Using Low-Temperature and Energy Impacts at

- Succeeding Stages of Raw Material Transformation. *Minerals*. 2023;13(1):84. doi: 10.3390/min13010084
28. Vira DYU. [Prospects for the development of Russian copper industry markets in new conditions.] *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. 2024;(3-3):344-354. (In Russ.)
29. Shajhislamova JR, Karimova LK, Volgareva AD, Muldasheva NA. Labor medicine of employees of under-ground professions of production of polymetallic copper-zinc ores. *Sanitarnyj vrach*. 2020;5:9-22 (In Russ.)
30. Glushakova OV, Chernikova OP. Influence of ferrous metallurgy enterprises on atmospheric air quality as an ecological component of territories sustainable development. Report 2. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2021;64(8):561-571. (In Russ.) doi: 10.17073/0368-0797-2021-8-561-571

Сведения об авторах:

✉ **Землянова** Марина Александровна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, заведующая отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики; e-mail: zem@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8013-9613>.

Кольдибекова Юлия Вячеславовна – к.б.н., старший научный сотрудник, заведующая лабораторией исследования метаболизма и фармакокинетики отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики; e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3924-4526>.

Кирьянов Дмитрий Александрович – к.т.н., заведующий отделом математического моделирования систем и процессов; e-mail: kda@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>.

Чигвинцев Владимир Михайлович – к.т.н., научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления отдела математического моделирования систем и процессов; e-mail: cvm@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>

Ситчихина Любовь Александровна – младший научный сотрудник лаборатории информационно-вычислительных систем и технологий; e-mail: sla@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2565-891X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайна исследования: *Землянова М.А., Кирьянов Д.А.*; редактирование: *Землянова М.А.*; сбор данных и обработка материала: *Чигвинцев В.М., Ситчихина Л.А.*; обзор литературы, анализ и интерпретация результатов: *Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В.*; подготовка проекта рукописи: *Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В.*; окончательное утверждение публикуемой версии рукописи: *Землянова М.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской 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: 19.06.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

✉ Marina A. **Zemlyanova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods; e-mail: zem@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8013-9613>.

Yulia V. **Koldibekova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of the Metabolism and Pharmacokinetics Research Laboratory, Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods; e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3924-4526>.

Dmitry A. **Kiryanov**, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes; e-mail: kda@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>.

Vladimir M. **Chigvintsev**, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Researcher, Laboratory of Situational Modeling and Expert-Analytical Methods of Management, Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes; e-mail: cvm@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>.

Lyubov A. **Sitchikhina**, Junior Researcher, Information and Computing Systems and Technologies Laboratory; e-mail: sla@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2565-891X>.

Author contributions: study conception and design: *Zemlyanova M.A., Kiryanov D.A.*; data collection and processing: *Chigvintsev V.M., Sitchikhina L.A.*; analysis and interpretation of results, bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: June 19, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Оценка потенциальных факторов риска нарушения голоса у учителей средней школы

А.А. Ковшов^{1,2}, М.Н. Кирьянова¹, А.О. Бутенко³

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ул. 2-я Советская, д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, ул. Льва Толстого, д. 6-8, г. Санкт-Петербург, 197022, Российская Федерация

Резюме

Введение. С голосовыми проблемами в своей практике сталкиваются почти 100 % педагогов. Нарушения голоса могут приводить к ограничению и в отдельных случаях полной утрате профессиональной работоспособности. Понимание факторов риска и распространенности нарушений голоса имеет большую практическую значимость для разработки рекомендаций по сохранению функций голосового аппарата.

Цель исследования: разработать подход к оценке потенциальных факторов риска нарушений голоса на примере учителей средней школы.

Материалы и методы. Исследование выполнено в декабре 2024 г. с использованием анонимной анкеты, содержащей 38 вопросов, респонденты – школьные учителя государственных общеобразовательных учреждений Санкт-Петербурга, всего 61 человек. Статистическая обработка данных проводилась с помощью Microsoft Office Excel 2013 и программы Statistica v. 12.

Результаты. Разработан подход к оценке потенциальных факторов риска нарушений голоса на примере учителей средней школы, предусматривающий учет показателей, значимо увеличивающих риск нарушений голоса: стаж работы 20 лет и более, проведение занятий в шумной обстановке, продолжительность перерывов между учебными занятиями менее 20 минут, необходимость повышать голос, работа при наличии боли в горле, некоторые хронические заболевания (болезни верхних дыхательных путей, аллергические заболевания, болезни эндокринной системы, гастроэзофагеальный рефлюкс).

Заключение. Риск-ориентированный подход к разработке эффективных мер по предотвращению нарушений голоса среди учителей общеобразовательных учреждений будет способствовать снижению продолжительности временной и предотвращению стойкой утраты профессиональной трудоспособности, обеспечению оптимальной производительности труда и качества жизни. Полученные результаты могут стать основой дальнейших исследований для уточнения категории профессионального риска, определяемого исходя из класса условий труда, а также для разработки количественной модели оценки риска нарушений голоса.

Ключевые слова: голосовая нагрузка, профессиональный риск, учителя средней школы, нарушения голоса.

Для цитирования: Ковшов А.А., Кирьянова М.Н., Бутенко А.О. Оценка потенциальных факторов риска нарушения голоса у учителей средней школы // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 72–79. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-72-79

Assessment of Potential Risk Factors for Voice Disorders in Secondary School Teachers

Aleksandr A. Kovshov,^{1,2} Marina N. Kir'yanova,¹ Alisa O. Butenko³

¹ North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

³ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6-8 Leo Tolstoy Street, Saint Petersburg, 197022, Russian Federation

Summary

Introduction: Almost all teachers encounter voice problems in their practice. Voice disorders can lead to limitations and, in some cases, complete loss of professional performance. Understanding the risk factors and prevalence of voice disorders is of great practical importance for developing recommendations for preserving the functions of the vocal apparatus.

Objective: To develop an approach to assessing potential risk factors for voice disorders using secondary school teachers as an example.

Materials and Methods: We conducted a survey of 61 schoolteachers from St. Petersburg using an anonymous questionnaire containing 38 questions. Data were analyzed using Microsoft Office Excel 2013 and Statistica 12.0.

Results: Based on the example of secondary school teachers, we developed the approach to assessing potential risk factors for voice disorders that takes into account such contributors as 20 or more years of experience, teaching in a noisy environment, having less than 20-minute breaks between classes, the need to raise the voice, working with a sore throat, and having certain chronic diseases (diseases of the upper respiratory tract, allergies, diseases of the endocrine system, and/or gastroesophageal reflux).

Conclusions: The risk-based approach to developing effective measures to prevent voice disorders in schoolteachers will help reduce sickness absence rates and prevent permanent loss of ability to work, ensure optimal performance and quality of life. Our findings can form the basis for further research aimed to clarify the category of occupational risk determined by the class of working conditions and to develop a quantitative model for assessing the risk of voice disorders.

Keywords: vocal load, occupational risk, secondary school teachers, voice disorders.

Cite as: Kovshov AA, Kir'yanova MN, Butenko AO. Assessment of potential risk factors for voice disorders in secondary school teachers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):72–79. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-72-79

Введение. Нарушения голоса становятся все более распространенной проблемой в современном обществе. Риск их возникновения возрастает с расширением использования голосовой коммуникации в таких профессиональных сферах, как преподавание, журналистика, певческое и актерское искусство. По данным Росстата на 2023 год, вредные условия труда 3,6 % работников связаны с напряженностью трудового процесса, включая повышенную нагрузку на голосовой аппарат¹.

Педагогика относится к одной из наиболее социально значимых профессий, для которых качество голоса – важная составляющая успешной работы. С голосовыми проблемами в своей практике сталкиваются почти 100 % педагогов, но только 15 % из них знают о существовании специалистов, оказывающих помощь при патологии голоса [1]. Установлено, что частота возникновения дисфоний у учителей достигает 53,6 %, распространенность нарушений голоса среди учителей значимо выше, чем у представителей неречевых профессий [2–5].

Анализ литературных данных позволил выделить наиболее распространенные причины профессионально обусловленных заболеваний гортани у лиц голосо-речевых профессий. К ведущим этиологическим факторам исследователи относят продолжительность и интенсивность голосовой нагрузки^{2,3} [6–9] и нарушение гигиенических правил голосовых нагрузок⁴ [1, 8, 10]. В качестве основной причины развития заболеваний гортани была определена длительная голосовая нагрузка, которая приводит к сухости слизистой оболочки верхних дыхательных путей (ВДП), а развивающиеся вследствие этого атрофические процессы способствуют возникновению голосовых расстройств.

Сопутствующими производственными факторами являются психоэмоциональные нагрузки учителей [5, 7, 11–14], повышенная интенсивность окружающего фонового шума, плохая акустика помещений [1, 7, 8, 15–18], а также неблагоприятный микроклимат (перепады температуры воздуха на рабочих местах, повышенная скорость движения и низкая относительная влажность воздуха), наличие в воздухе некоторых химических веществ и аэрозолей [7]. Свободное дыхание может быть затруднено вследствие нахождения в неудобной (фиксированной) рабочей позе [7].

Риск голосовой патологии педагогов повышается вследствие эффекта Ломбарда, благодаря которому человек непроизвольно увеличивает громкость речи в шумной обстановке. У учителей, вынужденных значительно повышать голос во время урока, риск нарушений голоса увеличивается в 2,1 раза и в 1,8

раза при воздействии шума, проникающего извне [8, 12, 16].

Среди факторов развития нарушений голоса, напрямую не связанных с профессиональной деятельностью, отмечаются частые острые респираторные инфекции [19]; дистрофические изменения слизистой оболочки ВДП при наличии ряда хронических болезней (хронические тонзиллиты, фарингиты, риниты, искривление носовой перегородки); аллергические респираторные заболевания; переохлаждение; работа в период острых респираторных инфекций [1, 11, 15] – у учителей, часто болевших инфекциями ВДП, риск нарушений голоса был в 4,8 раза выше, чем у тех, кто болел редко; вредные привычки (курение) [20]. Риск нарушений голоса возрастает в 1,6 раза при ежедневном употреблении кофе [8], что может быть связано с вызываемым напитками, содержащими кофеин, гастроэзофагеальным рефлюксом и последующим воспалением слизистой голосовых связок.

Преобладание женщин среди больных с голосовой патологией – риск нарушений голоса в 1,6 раза выше – объясняется меньшей выносливостью голосового аппарата: предрасположенность к повреждению женских голосовых связок связана с неполным закрытием голосовой щели, разницей в пропорциях мужских и женских голосовых связок и особенностями их эндокринной и нервной систем [8]. У женщин-учителей может наблюдаться сниженная реакция заживления микротравм после повреждения голосовых связок вследствие более низкой концентрации гиалуроновой кислоты в поверхностном слое эпителия [21].

Профессиональные нарушения голоса имеют кумулятивный эффект, их тяжесть увеличивается с ростом стажа в профессии учителя [3, 8, 22]. Нарушения голоса могут привести к снижению производительности труда, вызывать дискомфорт и психологическое напряжение, а в отдельных случаях приводить к ограничению профессиональных возможностей вплоть до полной утраты профессиональной работоспособности.

В то же время существующие методики оценки условий труда^{5,6} предполагают лишь учет суммарной нагрузки на голосовой аппарат за неделю (в часах) и не учитывают продолжительность непрерывной голосовой нагрузки, длительность перерывов, характер голосовой нагрузки (тихая или громкая речь, пение), наличие индивидуальных факторов риска и т. д. Таким образом, понимание факторов риска и распространенности нарушений голоса в различных профессиональных группах имеет большую практическую значимость для разработки

¹ Сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/usl_trud1-2023.xlsx (дата обращения: 28.12.2024).

² Герасимова С.А. Профессиональные заболевания гортани у лиц голосовых и речевых профессий: автореф. ... дис. канд. мед. наук. Киев, 1972. 19 с.

³ Плешков И.В., Аникиеева З.И. Заболевания голосового аппарата у вокалистов и представителей речевых профессий: Диагностика, лечение, реабилитация. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003.

⁴ Михалевская И.А. Профилактика нарушений голоса у лиц речевых и вокальных профессий: автореф. ... дис. канд. пед. наук. М., 2005. 20 с.

⁵ Приказ Минтруда России от 21.11.2023 № 817н «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» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2023 № 76179).

⁶ 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 Российской Федерации 29.07.2005).

рекомендаций по сохранению и улучшению функций голосового аппарата.

Цель исследования – разработать подход к оценке потенциальных факторов риска нарушений голоса на примере учителей средней школы.

Материалы и методы. Для исследования профессиональных рисков и степени распространенности заболеваний, связанных с повышенной голосовой нагрузкой у школьных учителей, на основе опросника B. Trinite и соавт. [23] была разработана авторская анонимная анкета из 38 вопросов открытого и закрытого типа, сгруппированных в разделы: «Общая информация» (возраст, пол, стаж работы по профессии и преподаваемые предметы), «Речевая нагрузка» (количество аудиторной нагрузки в неделю, степень занятости учителей, напряженность голоса во время работы), «Условия профессиональной деятельности и профессиональные риски» (уровень шума в классе, качество и влажность воздуха), «Наличие проблем с голосом» и «Общее состояние здоровья».

В исследовании, проводившемся в декабре 2024 года, приняли участие школьные учителя шести государственных общеобразовательных учреждений Санкт-Петербурга – 61 человек. От участников исследования получено добровольное информированное согласие на обработку персональных данных, исследование одобрено локальным этическим комитетом (протокол заседания ЛЭК ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» № 2024/79 от 06.12.2024).

По данным анкетирования были выявлены и исключены из исследования 5 учителей, у которых нарушения голоса впервые были отмечены в детстве; 56 учителей были разделены на две группы:

1) нарушения голоса отсутствуют или имеются кратковременные нарушения (обычно проходящие в течение нескольких часов или к началу следующего дня);

2) имеются постоянные или длительные периодические нарушения голоса (обращения за медицинской помощью из-за проблем с голосом, наличие установленного диагноза «острый или хронический ларингит»).

Число респондентов составило в первой группе 46, во второй – 13 человек.

При статистической обработке результатов исследования мера центральной тенденции для номинальных показателей представлена в виде доли (в %), расчет меры рассеивания (95 % доверительный интервал для долей) проводился по методу Уилсона без поправки на непрерывность⁷. Для описания категориальных переменных (выраженность стрессовых ситуаций при профессиональной деятельности и выраженность усталости, ранжированные в баллах от 1 до 8, где 1 – наименее, а 8 – наиболее выраженное значение) в качестве меры центральной тенденции использовалась медиана, меры рассеивания – межквартильный диапазон (25–75 процентиль).

Значимость различий рассчитывалась для номинальных данных с помощью критерия χ^2 (при

наличии хотя бы в одной ячейке таблицы 2×2 числа наблюдений от 5 до 9 использовался расчет критерия χ^2 с поправкой на правдоподобие, при числе наблюдений менее 5 использовался точный двусторонний критерий Фишера). Для оценки различий выраженности стрессовых ситуаций и усталости использовался критерий Манна – Уитни, рассчитывалась точная двусторонняя значимость отличий. Статистическая обработка данных проводилась с помощью Microsoft Office Excel 2013 и программы Statistica v. 12. Критический уровень значимости нулевой гипотезы принимался равным 0,05.

Ограничения исследования. В рамках первого этапа исследований рисков нарушений голоса в анкетировании приняли участие только учителя общеобразовательных школ (61 человек), осуществляющие трудовую деятельность в Санкт-Петербурге, при этом не проводилось ретроспективной оценки условий труда в части голосовых нагрузок.

Результаты. Контингент участников исследования представлен преимущественно женщинами – 89 %, мужчины составили 11 %; 67,2 % респондентов были старше 40 лет; 24,6 % – в возрасте от 31 до 40 лет, 8,2 % – от 20 до 30 лет. Большинство опрошенных – 51 % – имеет стаж работы в профессии более 20 лет, у 21 % учителей стаж от 10 до 20 лет, у 16 % – от 5 до 10 лет и только 12 % – менее 5 лет.

По преподаваемым предметам педагоги распределяются следующим образом: иностранный язык – 15 %, математика, история, обществознание – по 13 %, русский язык и литература – по 12 %, биология – 11 %, физическая культура – 10 %, информатика – 9 %, география, технология, начальная военная подготовка и основы безопасности жизнедеятельности – по 8 %, физика, химия по 7 %, изо, музыка – по 3 %. Некоторые учителя преподают 2 и более предмета.

Результаты изучения потенциальных факторов риска нарушений голоса представлены в таблице.

Анализ полученных данных позволил выявить факторы риска, оказывающие статистически значимое влияние на рост вероятности нарушений голоса у учителей:

- 1) стаж работы 20 лет и более ($p = 0,024$);
- 2) проведение занятий в шумной обстановке ($p = 0,023$);
- 3) максимальная продолжительность перерывов между учебными занятиями до 20 минут ($p = 0,026$);
- 4) необходимость повышать голос во время учебных занятий ($p = 0,029$);
- 5) работа при наличии боли в горле ($p = 0,033$);
- 6) наличие хронических болезней: болезней ВДП ($p = 0,043$), аллергических заболеваний ($p = 0,047$), болезней эндокринной системы ($p = 0,014$), гастроэзофагеального рефлюкса ($p = 0,021$).

Меньшая статистическая значимость ($0,1 > p > 0,05$) отличий частоты или значений показателей между группами учителей (но при наличии отчетливой тенденции к росту данных показателей во второй группе по результатам описательной статистики) установлена для таких факторов, как

⁷ Сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/usl_trud1-2023.xlsx (дата обращения: 28.12.2024).

Таблица. Характеристика потенциальных факторов риска нарушения голоса
Table. Description of potential risk factors for voice disorders

Факторы риска / Risk factors	Нарушения голоса / Voice disorders		p
	Кратковременные или отсутствуют / Short-term or absent (n = 43)	Постоянные или длительные периодические / Permanent or periodic long-term (n = 13)	
Возраст, лет / Age, years			0,082
< 40	34,9; 22,4–49,8	7,7; 1,4–33,3	
≥ 40	65,1; 50,2–77,6	92,3; 66,7–98,6	
Пол / Sex			0,182
мужской / male	16,3; 8,1–30,0	0; 0–22,8	
женский / female	83,7; 70,0–91,9	100; 77,2–100	
Стаж, лет / Work experience, years			0,024
< 20	53,5; 38,9–67,5	15,4; 4,3–42,2	
≥ 20	46,5; 32,5–61,1	84,6; 57,8–95,7	
Тембр голоса / Vocal timbre			1,000
высокий (тенор, сопрано) / high (tenor, soprano)	21,9; 11,0–38,8	15,4; 4,3–42,2	
средний и низкий (баритон, бас, меццо-сопрано, контральто) / medium and low (baritone, bass, mezzo-soprano, contralto)	78,1; 61,2–89,0	84,6; 57,8–95,7	
Необходимость повышать голос во время учебных занятий / Necessity to raise the voice during classes			1,000
да / yes	14,3; 6,3–29,4	16,7; 5,7–44,8	
нет / no	85,7; 70,6–93,7	83,3; 55,2–95,3	
Частое проведение урока в шумной обстановке / Frequent teaching in a noisy environment			0,023
да / yes	37,0; 21,5–55,8	76,9; 49,7–91,8	
нет / no	63,0; 44,2–78,4	23,1; 8,2–50,3	
Суммарная длительность голосовой нагрузки за неделю, часов / Total duration of vocal load per week, hours			0,760
≤ 25	44,2; 30,4–58,9	38,5; 17,7–64,5	
> 25	55,8; 41,1–69,6	61,5; 35,5–82,3	
Максимальная длительность перерывов между уроками, минут / Maximum duration of breaks between classes, minutes			0,026
≤ 20	32,6; 20,5–47,5	69,2; 42,4–87,3	
> 20	67,4; 52,5–79,5	30,8; 12,7–57,6	
Громкость голоса в течение урока / Voice volume during classes			0,029
нормальная / normal	65,1; 50,2–77,6	30,8; 12,7–57,6	
повышенная / increased	34,9; 22,4–49,8	69,2; 42,4–87,3	
Работа при наличии боли в горле / Working with a sore throat			0,033
да / yes	35,7; 23,0–50,8	69,2; 42,4–87,3	
нет / no	65,3; 49,2–77,0	30,8; 12,7–57,6	
Влажность воздуха в помещении класса в отопительный сезон / Relative humidity in the classroom during the heating season			0,269
достаточная / sufficient	45,5; 29,8–62,0	20,0; 5,7–51,0	
недостаточная (низкая) / insufficient (low)	54,5%; 38,0–70,2	80,0; 49,0–94,3	
Употребление чая и (или) кофе в день, мл / Daily tea and/or coffee intake, mL			0,218
≤ 500	86,0; 72,7–93,5	69,2; 42,4–87,3	
> 500	14,0; 6,5–27,3	30,8; 12,7–57,6	
Наличие хронических болезней (частота) / Chronic diseases (frequency)			
болезни верхних дыхательных путей (кроме аллергических) / upper respiratory tract diseases (but for allergies)	20,9; 11,4–35,2	46,2; 23,2–70,9	0,043
аллергические заболевания (ринит, астма) / allergies (rhinitis, asthma)	11,6; 5,1–24,5	30,8; 12,7–57,6	0,047
болезни эндокринной системы / endocrine diseases	16,3; 8,1–30,0	53,9; 29,2–76,8	0,014
гастроэзофагеальный рефлюкс / gastroesophageal reflux	7,0; 2,4–18,6	30,8; 12,7–57,6	0,021
нет / none	32,6; 20,5–47,5	7,7; 1,4–33,3	
Курение / Tobacco smoking			0,182
не курит или курил(а) ранее / non- or ex-smoker	86,0; 72,7–93,5	100; 77,2–100	
курит в настоящее время / current smoker	14,0; 6,5–27,3	0; 0–22,8	
Постоянный прием лекарств (частота) / Regular medication use (frequency)			
сосудосуживающие назальные капли / vasoconstrictor nasal drops	20,9; 11,4–35,2	38,5; 17,7–64,5	0,122
антигистаминные препараты / antihistamines	4,7; 1,3–15,5	15,4; 4,3–42,2	0,151
гормональные препараты / hormonal drugs	7,0; 2,4–18,6	7,7; 1,4–33,3	0,523
нет / none	76,7; 62,3–86,8	46,2; 23,2–70,9	
Стрессовые ситуации при профессиональной деятельности, балл (1 – минимальный стресс, 8 – максимальный стресс) / Stressful situations at work, score (1 – minimum and 8 – maximum stress)			
	4 [2–5]	6 [3–8]	0,063
Выраженность усталости, балл (1 – минимальная усталость, 8 – максимальная усталость) / Severity of fatigue, score (1 – minimum and 8 – maximum)			
	4 [3–6]	7 [4–7,5]	0,053

Примечание: для всех показателей, кроме стрессовых ситуаций при профессиональной деятельности и выраженности усталости, результаты исследования представлены в виде долей (%) и 95 % доверительного интервала по методу Уилсона; для стрессовых ситуаций и усталости – в виде медианы и межквартильного диапазона (25 и 75-й процентиля), баллы.

Notes: For all factors, but for stressful situations at work and fatigue, the results are presented as proportions (%) and 95 % confidence interval according to the Wilson method; for stressful situations and fatigue – as the median and interquartile range (25th and 75th percentiles), points.

возраст 40 лет и старше ($p = 0,082$), высокий уровень стресса ($p = 0,063$), высокий уровень усталости ($p = 0,053$). Остальные исследованные факторы риска не оказывали статистически значимого влияния на развитие нарушений голоса ($p > 0,05$).

Обсуждение. Для эффективной медико-профилактической работы важны критерии отнесения школьных учителей к группе риска по нарушениям голоса, связанным с условиями труда. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости учета не только суммарного количества часов, наговариваемых в течение недели, но и ряда других показателей, наличие которых значимо увеличивает профессиональный риск развития нарушений голоса среди учителей средней школы:

- 1) стаж работы 20 лет и более;
- 2) проведение занятий в шумной обстановке;
- 3) максимальная продолжительность перерывов между учебными занятиями до 20 минут;
- 4) необходимость повышать голос во время учебных занятий;
- 5) работа при наличии боли в горле;
- 6) наличие некоторых хронических болезней (болезни ВДП, аллергические заболевания, болезни эндокринной системы, гастроэзофагеальный рефлюкс).

Важно отметить, что при проведении занятий в шумной обстановке в обеих группах большинство респондентов указали в качестве основного источника уличного шума (61,5 и 62,8 % соответственно). Что касается максимальной продолжительности перерывов между учебными занятиями, то к результатам оценки данного показателя следует относиться с осторожностью, так как в графике работы возможны изменения в течение учебного года и не учтен предыдущий период трудовой деятельности по специальности в части фактической продолжительности перерывов.

Некоторые факторы риска, имеющие, согласно литературным данным, существенное влияние на формирование нарушений голоса, по результатам данного исследования не оказали значимого влияния на вероятность их развития.

1) Пол учителей ($p = 0,182$). По результатам предыдущих исследований [8] у женщин нарушения голоса возникают значимо чаще, чем у мужчин. Отсутствие статистически значимого влияния, продемонстрированное в данном исследовании, может объясняться тем, что в исследовании приняли участие почти 90 % женщин. Такое половое распределение характерно для российской школы⁸, поэтому в силу небольшой выборки (7 мужчин) данные о влиянии пола на развитие нарушений голоса не были подтверждены. Тем не менее заслуживает внимания тот факт, что все случаи стойких или длительных периодических нарушений голоса в данном исследовании отмечались исключительно среди женщин.

2) Тембр голоса ($p = 1,000$) также не показал статистически значимого влияния на нарушения голоса. Не исключено, что данный фактор риска

имеет большее значение для певцов различных жанров, чем для учителей.

3) Не установлено значимого влияния на вероятность нарушений голоса периодического повышения голоса в течение занятий до крика ($p = 1,000$).

4) Вопреки ожиданиям суммарный объем аудиторной нагрузки в неделю ($p = 0,760$) тоже не оказал значимого влияния на развитие нарушений голоса у учителей. Возможно, это связано с небольшим объемом выборки, влиянием на распределение частоты нарушений голоса других факторов риска, а также с тем, что более половины респондентов (51 %) имеют стаж работы по специальности более 20 лет и поэтому обладают опытом, который позволяет им минимизировать риски нарушения голоса при высокой недельной нагрузке (комбинирование различных форм проведения занятий, таких как монологические, опросы, деловые игры, проведение контрольных работ, экскурсии и пр.).

5) Низкая относительная влажность воздуха в отопительный сезон по данным исследования не оказывает значимого влияния на вероятность развития нарушений голоса ($p = 0,269$). Очевидно, для объективной оценки данного фактора риска необходимо проведение инструментальных исследований уровня относительной влажности на рабочих местах учителей.

6) Курение как фактор развития нарушений голоса не показало статистически значимого влияния на вероятность нарушений голоса ($p = 0,182$). Более того, во второй группе учителей никто из респондентов не отметил факт курения в настоящее время. При сравнении частоты нарушений голоса в двух группах учителей среди никогда не куривших и когда-либо куривших (в том числе курящих в настоящее время) статистически значимые отличия также отсутствуют ($p = 1,000$).

7) Употребление кофеинсодержащих напитков (чая и кофе) в количестве более 500 мл в день демонстрирует тенденцию к увеличению вероятности развития стойких и длительных периодических нарушений голоса, однако статистически значимые отличия в объеме потребляемых напитков в двух группах учителей отсутствуют ($p = 0,218$). Помимо небольшого размера выборки в данном случае, по всей видимости, имеют значения и неопределенности, связанные с субъективной оценкой потребляемого количества напитков, а также фактическим содержанием в них кофеина.

8) Постоянный прием лекарств также не показал существенного влияния на риски нарушений голоса (p -value от 0,151 до 0,523), что требует дальнейших исследований, особенно ввиду того, что наличие хронических заболеваний (очевидно, предполагающих относительно регулярный прием лекарственных средств, например, в случае аллергических заболеваний) характеризуется статистически значимым влиянием на развитие нарушений голоса.

Исходя из результатов проведенного исследования можно выделить следующие рекомендации

⁸ Индикаторы образования: 2023: статистический сборник / Н.В. Бондаренко, Т.А. Варламова, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2023. 432 с.

по профилактике нарушений здоровья, связанных с нарушениями голоса:

1. Сокращение влияния потенциально вредных производственных факторов: шумоизоляция помещений, предназначенных для учебных занятий, введение хотя бы одного перерыва между учебными занятиями длительностью более 20 минут, психологическая поддержка учителей, направленная на снижение уровня стресса и усталости.

2. Рекомендовать включение в приказ Минздрава России об обязательных медицинских осмотрах прохождения преподавателями осмотра у врача-фониатра и уточнение перечня медицинских противопоказаний к трудовой деятельности при повышенной нагрузке на голос, учитывая в качестве факторов профессионального риска следующие показатели:

а) голосовая нагрузка при наличии жалоб на боль в горле, в том числе не связанных с острыми респираторными инфекциями;

б) возраст 40 лет и старше;

в) стаж работы преподавателем 20 лет и более;

г) наличие некоторых хронических болезней (болезни ВДП, аллергические заболевания, болезни эндокринной системы, гастроэзофагеальный рефлюкс);

д) запыленность воздуха в учебных помещениях;

е) частые острые респираторные инфекции;

ж) женский пол.

3. Неотъемлемой частью медико-профилактических мероприятий должно стать совершенствование медицинского обслуживания работников образования: своевременное выявление начальных признаков профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний, привлечение специалистов-консультантов, проведение корректирующих и поддерживающих мероприятий, при необходимости – хирургическое лечение⁹.

4. Распространение среди учителей знаний об умении пользоваться голосом и речью, о возможностях постановки голоса, мерах по охране голоса (защита от переохлаждения, гигиена голосовых нагрузок, пропаганда здорового образа жизни), фониатрического лечения. В области педагогического образования необходимо включить в учебные планы педагогических училищ и вузов дисциплины и практик по углубленному изучению анатомии и функций голосового аппарата, гигиены и охраны голоса.

Вопросы оценки и управления профессиональными рисками школьных учителей требуют дальнейших исследований. В качестве направлений таких исследований возможно выделить:

– исследование влияния курения, воздействия химических веществ, включая некоторые виды пыли, на развитие нарушений голоса;

– обоснование критериев изменения категории профессионального риска¹⁰, установленного по результатам гигиенической или специальной оценки условий труда в части нагрузки на голосовой

аппарат, а в перспективе разработка количественной модели оценки риска, предполагающей определение абсолютной вероятности причинения вреда здоровью и тяжести этого вреда, в том числе с учетом влияния индивидуальных факторов риска.

Заключение. На основании исследования факторов риска и распространенности заболеваний, связанных с голосом у учителей средней школы, установлено, что частота возникновения дисфоний имеет многофакторную природу. Определены приоритетные факторы профессионального риска нарушений голоса.

Риск-ориентированный подход к разработке эффективных мер по предотвращению нарушений голоса среди учителей общеобразовательных учреждений будет способствовать снижению продолжительности временной и предотвращению стойкой утраты профессиональной трудоспособности, обеспечению оптимальной производительности труда и качества жизни.

Полученные результаты могут стать основой дальнейших исследований по поиску доказательств причинно-следственной связи нарушений голоса с экспозицией факторов рабочей среды и трудового процесса, что необходимо для уточнения категории профессионального риска, определяемого исходя из класса условий труда. В перспективе целесообразно разработать количественную модель оценки риска, предполагающую определение абсолютной вероятности причинения вреда здоровью и тяжести этого вреда, в том числе с учетом влияния индивидуальных факторов риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терентьева Л.С. Степень информированности педагогических работников о вопросах профилактики профессиональных заболеваний голосового аппарата // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2022. № 203. С. 265-275. doi: 10.33910/1992-6464-2022-203-265-275
2. de Ceballos AG, Carvalho FM, de Araújo TM, Dos Reis EJ. Auditory vocal analysis and factors associated with voice disorders among teachers. *Rev Bras Epidemiol.* 2011;14(2):285-295. doi: 10.1590/s1415-790x2011000200010
3. Chen BL, Cheng YY, Lin CY, Guo HR. Incidence of voice disorders among private school teachers in Taiwan: A nationwide longitudinal study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1130. doi: 10.3390/ijerph19031130
4. Oliveira P, Ribeiro VV, Constantini AC, Cavalcante MEOB, Sousa MDS, da Silva K. Prevalence of work-related voice disorders in voice professionals: Systematic review and meta-analysis. *J Voice.* 2025;39(1):84-104. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.030
5. Sharp E, Cook R. Voice symptoms and wellbeing in school teachers in England. *J Voice.* 2024;38(5):1252.e1-1252.e10. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.02.005
6. Alshuhayb BS, Alkhars AZ, AlMaghlouth MK, et al. Voice disorders among teachers in Al-Ahsa, Eastern Region, KSA: Vocal complaints, treatment-seeking behaviors, and knowledge of vocal care. *J Voice.* 2025;39(1):147-157. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.001

⁹ Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, А.Г. Чучалина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 792 с.: ил. (Серия «Национальные руководства»).

¹⁰ Таблица 6.2 Р 2.2.3969–23.

7. Панкова В.Б., Федина И.Н. Профессиональные заболевания ЛОР-органов: руководство / Под общ. ред. И.В. Бухтиярова, Н.А. Дайхеса. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 544 с. doi: 10.33029/9704-6069-6-ENT-2021-1-544
8. Byeon H. The risk factors related to voice disorder in teachers: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(19):3675. doi: 10.3390/ijerph16193675
9. Степанова А.Э., Потеряева Е.Л., Семенова В.Н. Особенности влияния профессии на здоровье педагогов // Медицина труда и экология человека. 2022. № 1. С. 68-85. doi: 10.24412/2411-3794-2022-10105
10. Ozgursoy SK, Buyukatalay ZÇ, Dursun G. The effect of vocal hygiene training via videoconference in teachers' voices. *J Voice*. 2024;38(6):1523.e17-1523.e26. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.04.007
11. Vertanen-Greis H, Loyttyniemi E, Uitti J, Putus T. Work ability of teachers associated with voice disorders, stress, and the indoor environment: A questionnaire study in Finland. *J Voice*. 2022;36(6):879.e5-879.e11. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.09.022
12. Korn GP, Park SW, Pontes AAL, Pontes P. Vocal symptoms and associated risk factors between male and female university teachers. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2018;22(3):271-279. doi: 10.1055/s-0037-1606604
13. Бартош Т.П., Бартош О.П., Мычко М.В. Оценка риска развития профессионального эмоционального выгорания школьных педагогов с разным профилем деятельности // Российский психологический журнал. 2019. Т. 16. № 3. С. 45-58. doi: 10.21702/rpj.2019.3.4
14. Кирьянова М.Н., Сорокин Г.А., Ковшов А.А. Оценка психосоциальных детерминант здоровья работников // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2024. Т. 19. Ч. 1. С. 208-216.
15. Kyriakou K, Theodorou E, Petinou K, Phinikettos I. Risk factors for voice disorders in public school teachers in Cyprus. *J Prev Med Hyg*. 2020;61(2):E221-E240. doi: 10.15167/2421-4248/jpmh2020.61.2.1403
16. Silva BG, Chammas TV, Zenari MS, Moreira RR, Samelli AG, Nemr K. Analysis of possible factors of vocal interference during the teaching activity. *Rev Saude Publica*. 2017;51:124. doi: 10.11606/S1518-8787.2017051000092
17. Martins LKG, Mendes ALF, Oliveira P, Almeida AA. Voice disorder and risk factors in spoken voice professionals: An integrative review. *Audiol Commun Res*. 2024;29:e2809. doi: 10.1590/2317-6431-2023-2809
18. Moreno M, Calvache C, Cantor-Cutiva LC. Systematic review of literature on prevalence of vocal fatigue among teachers. *J Voice*. 2025;39(1):105-112. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.029
19. Alva A, Machado M, Bhojwani K, Sreedharan S. Study of risk factors for development of voice disorders and its impact on the quality of life of school teachers in Mangalore, India. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(1):MC01-MC05. doi: 10.7860/JCDR/2017/17313.9234
20. Alharbi NS, Alotaibi S, Alnughaythir Al, et al. Prevalence and risk factors of voice disorders among teachers in Saudi Arabia. *Cureus*. 2024;16(3):e56540. doi: 10.7759/cureus.56540
21. Feng S, Weng C, Cai S, Yang Z, Wu M, Kang N. The prevalence and risk factors for perceived voice disorders in public school teachers. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2022;7(3):790-798. doi: 10.1002/lio2.803
22. Панков В.А., Катаманова Е.В., Сливницына Н.В., Бейгель Е.А., Павлов А.Д., Винокурова А.С. Условия труда и состояние здоровья педагогов общеобразовательных организаций (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 940-946. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-940-946
23. Trinite B, Sokolovs J, Teibe U. Using a questionnaire design in the investigation of teachers' voice risk factors. *Special Education*. 2011;2(25):80-89.

REFERENCES

1. Terenteva LS. Teacher awareness about the prevention of occupational voice disorders. *Izvestiya Rossiyskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. A.I. Gertsena*. 2022;(203):265-275. (In Russ.) doi: 10.33910/1992-6464-2022-203-265-275
2. de Ceballos AG, Carvalho FM, de Araújo TM, Dos Reis EJ. Auditory vocal analysis and factors associated with voice disorders among teachers. *Rev Bras Epidemiol*. 2011;14(2):285-295. doi: 10.1590/s1415-790x2011000200010
3. Chen BL, Cheng YY, Lin CY, Guo HR. Incidence of voice disorders among private school teachers in Taiwan: A nationwide longitudinal study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1130. doi: 10.3390/ijerph19031130
4. Oliveira P, Ribeiro VV, Constantini AC, Cavalcante MEOB, Sousa MDS, da Silva K. Prevalence of work-related voice disorders in voice professionals: Systematic review and meta-analysis. *J Voice*. 2025;39(1):84-104. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.030
5. Sharp E, Cook R. Voice symptoms and wellbeing in school teachers in England. *J Voice*. 2024;38(5):1252.e1-1252.e10. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.02.005
6. Alshuhayb BS, Alkhars AZ, AlMaghlouth MK, et al. Voice disorders among teachers in Al-Ahsa, Eastern Region, KSA: Vocal complaints, treatment-seeking behaviors, and knowledge of vocal care. *J Voice*. 2025;39(1):147-157. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.001
7. Pankova VB, Fedina IN. [Occupational Diseases of the Ear, Nose, and Throat.] Bukhtiyarov IV, ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2021. (In Russ.) doi: 10.33029/9704-6069-6-ENT-2021-1-544
8. Byeon H. The risk factors related to voice disorder in teachers: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(19):3675. doi: 10.3390/ijerph16193675
9. Stepanova AE, Poteryaeva EL, Semenov VN. Specificities of the occupational impact on teachers' health. *Medit-sina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2022;(129):68-85. (In Russ.) doi: 10.24412/2411-3794-2022-10105
10. Ozgursoy SK, Buyukatalay ZÇ, Dursun G. The effect of vocal hygiene training via videoconference in teachers' voices. *J Voice*. 2024;38(6):1523.e17-1523.e26. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.04.007
11. Vertanen-Greis H, Loyttyniemi E, Uitti J, Putus T. Work ability of teachers associated with voice disorders, stress, and the indoor environment: A questionnaire study in Finland. *J Voice*. 2022;36(6):879.e5-879.e11. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.09.022
12. Korn GP, Park SW, Pontes AAL, Pontes P. Vocal symptoms and associated risk factors between male and female university teachers. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2018;22(3):271-279. doi: 10.1055/s-0037-1606604
13. Bartosh TP, Bartosh OP, Mychko MV. [Risk assessment of professional emotional burnout of school teachers with different activity profiles.] *Rossiyskiy Psikhologicheskii Zhurnal*. 2019;16(3):45-58. (In Russ.) doi: 10.21702/rpj.2019.3.4
14. Kir'yanova MN, Sorokin GA, Kovshov AA. Assessment of psychosocial determinants of workers' health. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2024;19(1):340-348. (In Russ.)
15. Kyriakou K, Theodorou E, Petinou K, Phinikettos I. Risk factors for voice disorders in public school teachers in Cyprus. *J Prev Med Hyg*. 2020;61(2):E221-E240. doi: 10.15167/2421-4248/jpmh2020.61.2.1403

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-11-72-79>

Original Research Article

16. Silva BG, Chammas TV, Zenari MS, Moreira RR, Samelli AG, Nemr K. Analysis of possible factors of vocal interference during the teaching activity. *Rev Saude Publica*. 2017;51:124. doi: 10.11606/S1518-8787.2017051000092
17. Martins LKG, Mendes ALF, Oliveira P, Almeida AA. Voice disorder and risk factors in spoken voice professionals: An integrative review. *Audiol Commun Res*. 2024;29:e2809. doi: 10.1590/2317-6431-2023-2809
18. Moreno M, Calvache C, Cantor-Cutiva LC. Systematic review of literature on prevalence of vocal fatigue among teachers. *J Voice*. 2025;39(1):105-112. doi: 10.1016/j.jvoice.2022.07.029
19. Alva A, Machado M, Bhojwani K, Sreedharan S. Study of risk factors for development of voice disorders and its impact on the quality of life of school teachers in Mangalore, India. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(1):MC01-MC05. doi: 10.7860/JCDR/2017/17313.9234
20. Alharbi NS, Alotaibi S, Alnughaythir AI, et al. Prevalence and risk factors of voice disorders among teachers in Saudi Arabia. *Cureus*. 2024;16(3):e56540. doi: 10.7759/cureus.56540
21. Feng S, Weng C, Cai S, Yang Z, Wu M, Kang N. The prevalence and risk factors for perceived voice disorders in public school teachers. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2022;7(3):790-798. doi: 10.1002/lio2.803
22. Pankov VA, Katamanova EV, Slivnitsyna NV, Beigel EA, Pavlov AD, Vinokurova AS. Working conditions and the state of health in teachers of secondary schools (literature review). *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(8):940-946. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-940-946
23. Trinite B, Sokolovs J, Teibe U. Using a questionnaire design in the investigation of teachers' voice risk factors. *Special Education*. 2011;(2(25)):80-89

Сведения об авторах:

✉ **Ковшов** Александр Александрович – к.м.н., и.о. руководителя отдела гигиены, ведущий научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ имени И.И. Мечникова» Минздрава России, e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

Кирьянова Марина Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник отделения гигиены труда ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: mrn@ro.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Бутенко Алиса Олеговна – студентка педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России; e-mail: alisa.butenko.07@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0000-5537-7284>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Ковшов А.А.*; сбор данных: *Бутенко А.О.*; анализ и интерпретация результатов: *Ковшов А.А.*, *Бутенко А.О.*, *Кирьянова М.Н.*; литературный обзор: *Бутенко А.О.*, *Кирьянова М.Н.*; подготовка проекта рукописи: *Ковшов А.А.*, *Кирьянова М.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании ЛЭК ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», протокол № 2024/79 от 06.12.2024.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 27.03.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

✉ **Aleksandr A. Kovshov**, Cand. Sci. (Med.), Acting Head of the Hygiene Department, Leading Researcher, North-West Public Health Research Center; Associate Professor, Department for Hygiene of Educational, Training, and Labor Conditions, and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

Marina N. Kir'yanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Occupational Hygiene Department, North-West Public Health Research Center; e-mail: mrn@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Alisa O. Butenko, student, Pediatric Faculty, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; e-mail: alisa.butenko.07@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5537-7284>.

Author contributions: study conception and design: *Kovshov A.A.*; data collection: *Butenko A.O.*; analysis and interpretation of results: *Kovshov A.A.*, *Butenko A.O.*, *Kir'yanova M.N.*; bibliography compilation and referencing: *Butenko A.O.*, *Kir'yanova M.N.*; draft manuscript preparation: *Kovshov A.A.*, *Kir'yanova M.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Institutional Ethics Committee of the North-West Public Health Research Center (protocol No. 2024/79 of December 6, 2024).

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: March 27, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Опыт определения эквивалентного уровня шума от железнодорожного транспорта на основе данных о количестве единичных звуковых событий

А.Л. Пономарёв, Т.В. Нурисламова, О.А. Молок

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

Резюме

Введение. Развитие железнодорожного транспортного комплекса будет закономерно сопровождаться увеличением шумовой нагрузки на население близлежащих территорий, что приведет к увеличению количества обращений жителей с жалобами на шум от железной дороги.

Цель исследования: отработка практических подходов определения эквивалентного уровня шума за период контроля в зоне влияния железной дороги.

Материалы и методы. Проведены измерения уровня шума при прохождении пригородных электропоездов и электропоездов типа «Ласточка». Измерения проводились отдельно для каждого типа электропоезда и каждого направления движения. Длительность измерения каждого шумового события составила 2 минуты. Измерения фонового шума проводились не менее 15 минут или до достижения стабильного значения эквивалентного уровня звука. Приведены формулы для расчетов среднего уровня шума звукового события, эквивалентного уровня шума за период контроля.

Результаты. Определены средние значения шума для каждого типа электропоезда при движении в каждом направлении. Установлен фоновый уровень звука. На основании графика движения поездов определено количество поездов каждого типа проследовавших в южном и северном направлении. Исходя из полученных данных, рассчитан эквивалентный уровень шума за период контроля. Принципами исследования являлись: фиксированная длительность проведения измерений единичных звуковых событий и расчет эквивалентного уровня шума за период контроля на основе данных о количестве звуковых событий.

Обсуждение. Проведенные измерения позволили получить данные о влиянии железнодорожного шума на население. Полученные результаты могут быть использованы для оценки степени риска воздействия шума на население, проживающего вблизи железной дороги. Выявлена необходимость разработки методики измерения шума от железнодорожного транспорта.

Заключение. На основе результатов измерения шума от проходящих железнодорожных составов и фоновых уровней звука рассчитан эквивалентный уровень шума за период контроля.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, уровень шума, звуковое событие, воздействие шума на население.

Для цитирования: Пономарёв А.Л., Нурисламова Т.В., Молок О.А. Опыт определения эквивалентного уровня шума от железнодорожного транспорта на основе данных о количестве единичных звуковых событий // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 80–86. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-80-86

Experience in Determining Equivalent Train Noise Levels Based on the Number of Single Sound Events

Aleksey L. Ponomarev, Tatyana V. Nurislamova, Olga A. Molok

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

Summary

Introduction: The railway network development will obviously lead to greater noise loads on people living in areas next to railways thereby resulting in a growing number of complaints about railway noise.

The aim of the study is to develop practical approaches to determining the equivalent noise level during the monitoring period in the railway-influenced area.

Materials and methods. Noise levels were measured during the passage of suburban electric trains and Lastochka-type electric trains. Measurements were taken separately for each type of electric train and each direction of travel. Each sound event was measured during 2 minutes. Background noise was measured for not less than 15 minutes or until equivalent noise reached its stable level. The study provides formulas for calculating an average noise level for a sound event and the equivalent noise level over the monitoring period.

Results. Average noise values were determined for each type of electric train when moving in each direction. The background noise level was established. The number of trains of each type travelling southward and northward was determined based on train schedules. The equivalent noise level was calculated for the monitoring period using the obtained data. The study relied on the following principles: fixed duration for measuring single sound events and calculation of the equivalent noise level over the monitoring period based on the number of sound events.

Discussion. The measurements made it possible to obtain data on the impact of railway noise on the population. The results can be used to assess the risk of noise impact on people living near railways. The study has identified the need to develop a methodology for measuring railway noise.

Conclusion. The equivalent noise level was calculated over the monitoring period based on measured noise levels created by passing trains and background noise levels.

Keywords: rail transport, noise level, sound event, noise exposure of the population.

Cite as: Ponomarev AL, Nurislamova TV, Molok OA. Experience in determining equivalent train noise levels based on the number of single sound events. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):80–86. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-80-86

Введение. Снижение негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду в соответствии с принципами устойчивого развития является одной из базовых задач Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г.¹ Несмотря на то что железнодорожный транспорт является самым экологичным видом, имеет наименьшие удельные показатели негативного воздействия на экосистему, вместе с тем его шумовое воздействие на прилегающие территории весьма существенно [1–5]. В Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году» шум отмечается как «наиболее значимый из физических факторов, оказывающих негативное влияние на среду обитания и здоровье человека»².

Согласно Государственному докладу, в структуре жалоб населения в 2023 г. 74,9 % обращений россиян в Роспотребнадзор были связаны с шумом (в 2022 г. – 70,7 %); доля измерений шума на территории жилой застройки, значения которых не соответствовали санитарным нормам, составила 17,9 % (в 2022 г. – 17,4 %). Шумовое загрязнение среды обитания приводит к повышению заболеваемости, увеличению периодов временной нетрудоспособности, способствует преждевременной смертности и придает проблеме борьбы с шумом социально-экономическую значимость.

Основными источниками шума на железнодорожном транспорте являются: грузовые и пассажирские поезда, моторвагонный подвижной состав (электропоезда, рельсовые автобусы, автомотрисы), различный специальный подвижной состав, производственное оборудование. В большинстве случаев железная дорога, проходя через населенные пункты, вызывает шумовое загрязнение окружающей среды, чем создает дискомфорт для проживающего населения [6, 7]. Воздействие шума на жителей зависит от типа поезда, его скорости, от интенсивности движения по участку дороги, от состояния железнодорожного полотна, а также от расстояния от железнодорожной линии до жилой застройки [8, 9]. Отсутствие зон санитарного разрыва на некоторых участках железных дорог привело к застройке близлежащих территорий жилыми домами. При прохождении железнодорожного состава по таким участкам уровень шума на прилегающей жилой территории в некоторых случаях возрастает до 80–90 дБА, что вызывает большое количество обращений жителей с жалобами на

повышенный шум [10, 11]. Нормы внешнего шума, создаваемого поездами в Российской Федерации³ не гармонизированы с санитарными нормами шума на прилегающей территории. Это приводит к ситуации, когда при движении исправного подвижного состава уровень шума на селитебной территории будет заведомо превышать нормативное значение. По экспертным оценкам отечественный железнодорожный транспорт в среднем на 7–10 дБА более шумный, чем европейские модели⁴.

Повышенное акустическое воздействие железнодорожного транспорта на население характерно практически для всех селитебных территорий, прилегающих к железным дорогам. Шум, даже при уровне 50–60 дБА, создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Под влиянием повышенного шума, вызывающего нарушения сна [12, 13], патологии сердечно-сосудистой [14–16], нервной [17] и др. систем человека, в крупных городах находится от 50 до 70 % населения [18–20]. С учетом прогнозируемого роста городов и увеличения доли городского населения последствия воздействия шума будут только увеличиваться [21, 22].

В настоящее время требования к проведению измерений шума от железнодорожного транспорта изложены в ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики»⁵, ГОСТ 23337-2014 «Методы измерения шума на территориях жилой застройки и в помещениях жилых и общественных зданий»⁶, МУК 4.3.3722-21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях»⁷. Вместе с тем эти документы имеют недостатки: ГОСТ 23337-2014 и МУК 4.3.3722-21 не учитывают специфику рельсового транспорта, отсутствуют четкие критерии длительности проведения измерений, что может нести риски недооценки воздействия железнодорожного шума на прилегающие территории. Измерения шума проводятся в периоды максимальной интенсивности движения, с распространением данного шума на весь период оценки (дневное или ночное время). Учитывая, что интенсивность движения носит волнообразный характер, со сменой периодов высокой интенсивности движения периодами низкой интенсивности движения, данное требование приведет к завышению эквивалентного уровня шума за период контроля.

ГОСТ 20444-2014 определяет место проведения измерений на открытой территории в 25 м от

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Москва. «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. 364 с.

³ ГОСТ 30487-97 «Электропоезда пригородного сообщения. Общие требования безопасности».

⁴ World Health Organization. Regional Office for Europe. (2009). Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organization. Regional Office for Europe; 2009. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iris.who.int/handle/10665/326486> (дата обращения: 23.10.2025).

⁵ ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» (с Поправкой, с Изменением № 1).

⁶ ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. Москва: Стандартинформ, 2014. 26 с.

⁷ МУК 4.3.3722-21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях». Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 66 с.

железнодорожного пути. Проведение измерений шума внутри помещений и на прилегающей к домам территории данным документом не предусмотрено. Методика расчета эквивалентного уровня шума не учитывает влияние фонового шума. Данная методика позволяет определять шум от железнодорожных составов, но не дает возможности оценить влияние шума на население за период контроля.

Учитывая недостатки действующих в РФ методических документов, провести измерения шума от железнодорожного транспорта, учесть влияние фонового шума и определить шум за период контроля возможно только комбинацией измерительных и расчетных способов оценки шума описанных в различных документах.

Цель исследований – отработка практических подходов определения эквивалентного уровня шума за период контроля в зоне влияния железной дороги.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся фоновый (автотранспортный) и железнодорожный шум, воздействующий на население.

Измерения проводились с использованием шумомера-виброметра, анализатора спектра 1-го класса точности «Ассистент», с использованием акустического калибратора «Защита-К» в соответствии с руководством по эксплуатации на прибор⁸.

Точка измерений была выбрана на селитебной территории крупного промышленного центра, в 25 м от железнодорожных путей, на расстоянии не менее 2 м от ограждающих конструкций зданий на высоте $1,5 \pm 0,075$ м от земли. Место проведения измерений находилось в зоне прямой видимости железной дороги и автомобильного моста с интенсивным движением транспорта. Измерения проводились в период с апреля по август, в дневное время (7⁰⁰ до 23⁰⁰), при прохождении пригородных поездов и электропоездов типа «Ласточка».

Шум от железнодорожного транспорта определялся отдельно для пригородных электропоездов и электропоездов типа «Ласточка». Измерения проводились отдельно для каждого направления движения поездов ($n = 20$). Проводилось по 5 измерений для каждого типа электропоезда и каждого направления движения с расчетом среднего значения по формуле 1:

$$L_{Aeq,cp} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Aeq,i}} \quad (1),$$

где $L_{Aeq,i}$ – эквивалентный уровень звука i -измерения;
 n – количество измерений.

Шум при прохождении электропоездов типа «Ласточка», пригородных электропоездов измерялся в течение 2 минут. Время воздействия шума от каждого типа поезда в течение периода контроля рассчитано, как произведение времени измерения на количество проходов каждого типа поезда для каждого направления в течение периода контроля. Так, например, при прохождении 12 поездов одного типа в одном направлении в течение периода

контроля время воздействия звукового события будет равно 24 мин.

Фоновый шум измерялся не менее 15 мин., или до достижения условия при котором эквивалентный уровень звука изменялся, не более чем на 0,5 дБА в течение 30 сек. Значения фонового шума измерялись не менее трех раз за период контроля, в начале, в середине, в конце периода контроля. За значение фонового шума взято среднее значение (1).

Длительность воздействия фонового шума устанавливалась как разница между длительностью периода контроля и временем воздействия шума от поездов в течение периода контроля.

Эквивалентный уровень звука за период контроля рассчитывался по формуле (2).

$$L_{Aeq} = 10 \lg \frac{1}{T} (10^{0,1 L_{Aeq,cp,фон} \cdot t_{фон}} + 10^{0,1 L_{Aeq,cp,1} \cdot t_1} + 10^{0,1 L_{Aeq,cp,2} \cdot t_2} + \dots + 10^{0,1 L_{Aeq,cp,n} \cdot t_n}), \quad (2)$$

где L_{Aeq} – эквивалентный уровень шума за период контроля, дБА;

$L_{Aeq,cp,фон}$ – фоновый уровень звука, дБА;

$L_{Aeq,cp,1}$ – средний уровень звука шумового события № 1, дБА;

$L_{Aeq,cp,2}$ – средний уровень звука шумового события № 2, дБА;

$L_{Aeq,cp,n}$ – средний уровень звука n -шумового события, дБА;

T – период контроля (960 или 480 мин), мин;

$t_{фон}$ – длительность воздействия фонового шума в течение периода контроля, мин;

t_1 – длительность воздействия шумового события № 1 в течение периода контроля, мин;

t_2 – длительность воздействия шумового события № 2 в течение периода контроля, мин;

t_n – длительность воздействия шумового события n в течение периода контроля, мин.

$$t_{фон} = T - t_1 - t_2 - \dots - t_n. \quad (3)$$

Результаты. На практике отработаны измерения шума от железнодорожного и автомобильного транспорта. Рассчитан эквивалентный уровень звука за период контроля на основе результатов измерений единичных звуковых событий.

Принципами исследования являлись: фиксированная длительность проведения измерений единичных звуковых событий и расчет эквивалентного уровня шума за период контроля на основе данных о количестве звуковых событий. Звуковое событие – периоды относительно постоянного воздействия шума (фоновый шум) и периоды прохождения грузовых, пассажирских, пригородных поездов, электропоездов типа «Ласточка», высокоскоростных поездов.

Выбор мест проведения измерений проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 23337-2014, МУК 4.3.3722-21. Измерения проводились на основании комбинации требований ГОСТ 20444-2014, ГОСТ 23337-2014, МУК 4.3.3722-21.

Эквивалентный уровень звука за период контроля рассчитывается по формуле (2). Возможно

⁸ Анализатор шума и вибрации «Ассистент» Руководство по эксплуатации БВЕК.438150-005РЭ.

Таблица. Результаты проведения измерений и анализа графика движения железнодорожного транспорта**Table. Results of measurements and analysis of train timetable**

Звуковое событие / Sound event	Средний уровень шума, дБА / Mean noise level, dBA	Количество событий за период контроля, раз / Number of events during the monitoring period, times	Длительность проведения измерения, мин / Measurement duration, min	Длительность воздействия шума за период контроля, мин / Duration of noise exposure during the monitoring period, min
Фон / Background	54,3	-	-	850
Прохождение электропоезда типа «Ласточка» на север / Northward "Lastochka"-type electric train passage	62,1	9	2	18
Прохождение электропоезда типа «Ласточка» на юг / Southward "Lastochka"-type electric train passage	65,9	12	2	24
Прохождение пригородного электропоезда на север / Northward commuter train passage	62,6	18	2	36
Прохождение пригородного электропоезда на юг / Southward commuter train passage	71,5	16	2	32

проведение расчета эквивалентного уровня шума за период контроля для различной интенсивности движения железнодорожного транспорта. Данные, полученные в результате проведения измерений и анализа графика движения железнодорожного транспорта, представлены в таблице.

Интенсивность движения железнодорожного транспорта оценивалась на основании графика движения поездов по рассматриваемому участку железной дороги. За период контроля через данный участок железной дороги проходили 21 электропоезд типа «Ласточка» (9 электропоездов в северном направлении, 12 электропоездов в южном направлении), 34 пригородных поезда (18 электропоездов в северном направлении, 16 электропоездов в южном направлении). Средний уровень шума рассчитан, как среднее значение из измеренных звуковых событий каждого типа.

На основе полученных данных рассчитан эквивалентный уровень звука за период контроля, составивший 59,6 дБА (формула (2)).

Обсуждение. Определение уровня шума железнодорожного транспорта на основе данных о количестве звуковых событий позволило провести измерения шума от проходящего подвижного состава и на основе полученных данных рассчитать эквивалентный уровень звука за период контроля. Данное исследование проведено впервые. Полученные результаты могут быть использованы для оценки степени риска воздействия шума на население, проживающего вблизи железной дороги. Проведенные исследования показали, что единой методики проведения измерений железнодорожного шума не существует. Требования к проведению измерений описаны в различных методических документах. Необходимо разработать методики измерения шума от железнодорожного транспорта учитывающая влияние фонового шума

с последующим расчетом эквивалентного уровня шума за период контроля.

Ограничения исследования: по результатам исследований установлено, что при отсутствии визуального контроля железной дороги проводить измерения звуковых событий не рекомендуется.

Заключение. Проведены измерения шума от проходящих железнодорожных составов и фонового уровня звука. На основе полученных данных рассчитан эквивалентный уровень шума за период контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суханов П.А., Прожорина Т.И., Боева А.С., Клепиков О.В. Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на селитебные территории города Воронежа // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 3. С. 23–32. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-3-23-32
2. Репницын В.М., Ладыгин М.Е. Воздействие шума и вибраций железнодорожного и авиационного транспорта на здоровье человека // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2023. № 2 (50). С. 72–77. EDN: YRCMHF.
3. Холопов Ю.А., Хмельницкий Ю.Н., Мусаткина Б.В. Анализ эффективности шумозащитных мероприятий на железнодорожном транспорте // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 19–21 марта 2019 года / Под ред. Н.И. Иванова. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2019. С. 710–717.
4. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Фридман К.Б., Кузнецова Е.Б. Подходы при изучении воздействия шума железнодорожного транспорта на основе методологии оценки риска // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 675–681. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-675-681

5. Воронова А.А., Шабарова А.В., Буторина М.В. Выбор мероприятий для защиты от железнодорожного шума в городской и сельской застройке // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. С. 272–279.
6. Афанасьева Т.А., Копытенкова О.И. Оценка комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2024. Т. 13. № 4(68). С. 205–209. EDN: ESBVAR.
7. Шабарова А.В., Буторина М.В., Куклин Д.А. Сравнение методов расчета распространения шума железнодорожного транспорта в различных типах застройки // Noise Theory and Practice. 2022. Т. 8. № 3. С. 16–33. EDN: MFJXUT.
8. Kuklin DA, Butorina MV, Drozdova LF. Calculation and reduction of railway noise In: *Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes ELPIT 2017: Proceedings of the Sixth International Environmental Congress (Eighth International Scientific-Technical Conference), Samara–Togliatti, September 20–24, 2017*. Samara: Samara Research Center Publ.; 2017:134–142. (In Russ.)
9. Kholopov YuA, Lukeniuk EV, Musatkina BV, Denisova IV. Traffic noise analysis in the urban environment. *Akustika*. 2021;41(11):195–199. doi: 10.36336/akustika20214195
10. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А. Эффективность снижения шума от железнодорожного транспорта акустическими экранами. Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 8. С. 764–767. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-764-767
11. Рябев В.В., Леванчук А.В. Особенности оценки комфортности среды городских поселений с учетом виброакустического воздействия в зоне влияния транспортных железнодорожных узлов // Вестник Евразийской науки. 2021. Т. 13. № 6. <https://esj.today/PDF/60SAVN621.pdf>
12. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
13. Ögren M, Gidlöf-Gunnarsson A, Smith M, Gustavsson S, Persson Wayne K. Comparison of annoyance from railway noise and railway vibration. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):805. doi: 10.3390/ijerph14070805
14. Héritier H, Vienneau D, Foraster M, et al; SNC study group. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: A nationwide cohort study from Switzerland. *Eur J Epidemiol*. 2017;32(4):307–315. doi: 10.1007/s10654-017-0234-2
15. Pyko A, Roswall N, Ögren M, et al. Long-term exposure to transportation noise and ischemic heart disease: A pooled analysis of nine Scandinavian cohorts. *Environ Health Perspect*. 2023;131(1):17003. doi: 10.1289/EHP10745
16. Fu X, Wang L, Yuan L, et al. Long-term exposure to traffic noise and risk of incident cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis. *J Urban Health*. 2023;100(4):788–801. doi: 10.1007/s11524-023-00769-0
17. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
18. Куклин Д.А., Дроздова Л.Ф., Шабарова А.В. Оценка общего эффекта дорожного и железнодорожного шума и разработка мероприятий по его снижению // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 19–21 марта 2019 года / Под ред. Н.И. Иванова. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2019. С. 517–524. EDN: ZFCWMP.
19. Kholopov YuA, Musatkina BV, Denisova IV. The comparative analysis of the noise characteristics of land rail transport and the efficiency of noise protection measures. *Akustika*. 2019;32(3):299–304.
20. Салыхова А.И. Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на человека // Матрица научного познания. 2023. № 5-2. С. 683–685.
21. Васильев В.А., Васильева В.К., Шашурин А.Е. Подходы к нормированию шума в Европе и России // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. С. 47–52.
22. van Kamp I, Simon S, Notley H, Baliasas C, van Kempen E. Evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of IGCB (N): A scoping review of new evidence. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9):3016. doi: 10.3390/ijerph17093016

REFERENCES

1. Sukhanov PA, Prozhorina TI, Boeva AS, Klepikov OV. Acoustic impact of rail transport on residential areas of the city of Voronezh. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(3):23–32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-3-23-32
2. Repnitsyn VM, Ladygin ME. [Human health effects of railway and aviation noise and vibrations.] *Byulleten' Severnogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2023;(2(50)):72–77. (In Russ.)
3. Kholopov YuA, Khmel'nikitskiy YuN, Musatkina BV. The analysis of the efficiency of noise protection measures in railway transport. In: Ivanov NI, ed. *Noise and Vibration: Proceedings of the VII Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, March 19–21, 2019*. St. Petersburg: Acoustic Design Institute Publ.; 2019:710–717. (In Russ.)
4. Kopytenkova OI, Kurepin DE, Fridman KB, Kuznetsova EB. Methodical approach and assessment of noise impact of rail transport on the basis of the use of risk assessment methodology. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(7):675–681. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-7-675-681
5. Voronova AA, Shabarova AV, Butorina MV. Choosing measures to protect against railway noise in urban and rural buildings. In: *Noise and Vibration: Proceedings of the IX Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, April 26–28, 2023*. St. Petersburg: Acoustic Design Institute Publ.; 2023:272–279. (In Russ.)
6. Afanaseva TA, Kopytenkova OI. Assessment of the comfort and safety of the environment in the area of the location of linear objects of railway transport systems. *XXI Vek: Itogi Proshlogo i Problemy Nastoyashchego Plus*. 2024;13(4(68)):205–209. (In Russ.)

7. Shabarova AV, Butorina MV, Kuklin DA. Comparison of methods for calculating the propagation of railway transport noise in various types of building. *Noise Theory and Practice*. 2022;8(3):16-33. (In Russ.)
8. Kuklin DA, Butorina MV, Drozdova LF. Calculation and reduction of railway noise In: *Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes ELPIT 2017: Proceedings of the Sixth International Environmental Congress (Eighth International Scientific-Technical Conference), Samara–Togliatti, September 20–24, 2017*. Samara: Samara Research Center Publ.; 2017:134-142. (In Russ.)
9. Kholopov YuA, Lukeniuk EV, Musatkina BV, Denisova IV. Traffic noise analysis in the urban environment. *Akustika*. 2021;41(11):195-199. doi: 10.36336/akustika 20214195
10. Kopytenkova OI, Afanasyeva TA. Efficiency of reduction of noise from railway transport by acoustic screens. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(8):764-767. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-764-767
11. Levanchuk AV, Ryabets VV. Features of the assessment of the comfort of the urban settlements environment, taking into account the vibroacoustic impact in the zone of influence of transport railway junctions. *Vestnik Evraziyskoy Nauki*. 2021;13(6):60SAVN621. (In Russ.) Accessed October 27, 2025. <https://esj.today/PDF/60SAVN621.pdf>
12. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
13. Ögren M, Gidlöf-Gunnarsson A, Smith M, Gustavsson S, Persson Waye K. Comparison of annoyance from railway noise and railway vibration. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):805. doi: 10.3390/ijerph14070805
14. Héritier H, Vienneau D, Foraster M, et al; SNC study group. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: A nationwide cohort study from Switzerland. *Eur J Epidemiol*. 2017;32(4):307-315. doi: 10.1007/s10654-017-0234-2
15. Pyko A, Roswall N, Ögren M, et al. Long-term exposure to transportation noise and ischemic heart disease: A pooled analysis of nine Scandinavian cohorts. *Environ Health Perspect*. 2023;131(1):17003. doi: 10.1289/EHP10745
16. Fu X, Wang L, Yuan L, et al. Long-term exposure to traffic noise and risk of incident cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis. *J Urban Health*. 2023;100(4):788-801. doi: 10.1007/s11524-023-00769-0
17. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
18. Kuklin DA, Drozdova LF, Shabarova AV. Evaluation of the common effect of road and rail noise and the development of measures to reduce it. In: Ivanov NI, ed. *Noise and Vibration: Proceedings of the VII Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, March 19–21, 2019*. St. Petersburg: Acoustic Design Institute Publ.; 2019:517-524. (In Russ.)
19. Kholopov YuA, Musatkina BV, Denisova IV. The comparative analysis of the noise characteristics of land rail transport and the efficiency of noise protection measures. *Akustika*. 2019;32(3):299-304.
20. Salakhova AI. Acoustic effects of railway transport on humans. *Matritsa Nauchnogo Poznaniya*. 2023;(5-2):683-685. (In Russ.)
21. Vasilyev VA, Vasilyeva VK, Shashurin AE. Approaches to noise regulation in Europe and Russia. In: *Protection against Increased Noise and Vibration: Proceedings of the IX Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, April 26–28, 2023*. St. Petersburg: Acoustic Design Institute Publ.; 2023:47-52. (In Russ.)
22. van Kamp I, Simon S, Notley H, Baliatsas C, van Kempen E. Evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of IGCB (N): A scoping review of new evidence. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9):3016. doi: 10.3390/ijerph17093016

Сведения об авторах:

✉ **Пономарёв** Алексей Леонидович – заведующий лабораторией методов анализа физических факторов; e-mail: ponomarev@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6267-3524>.

Нурисламова Татьяна Валентиновна – д.б.н., заведующий отделом химико-аналитических методов исследования; e-mail: nurtat@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2344-3037>.

Молок Ольга Александровна – младший научный сотрудник лаборатории методов анализа физических факторов; e-mail: molok@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8699-0778>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Пономарёв А.Л., Нурисламова Т.В.*; сбор данных и апробация метода: *Пономарёв А.Л., Молок О.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Пономарёв А.Л.*; литературный обзор: *Молок О.А.*; подготовка рукописи: *Пономарёв А.Л., Нурисламова Т.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании этического комитета (Протокол № 1 от 06.03.2024).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 18.07.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

✉ Aleksey L. **Ponomarev**, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Analysis of Physical Factors; e-mail: ponomarev@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6267-3524>.

Tatyana V. **Nurislamova**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Analytical Chemistry Methods; e-mail: nurtat@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2344-3037>.

Olga A. **Molok**, Junior Researcher, Laboratory for Analysis of Physical Factors; e-mail: molok@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8699-0778>.

Author contributions: study conception and design: *Ponomarev A.L., Nurislamova T.V.*; data collection and method testing: *Ponomarev A.L., Molok O.A.*; analysis and interpretation of results: *Ponomarev A.L.*; bibliography compilation and referencing: *Molok O.A.*; draft manuscript preparation: *Ponomarev A.L., Nurislamova T.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the ethics committee (protocol No. 1 of March 6, 2024).

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: July 18, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Изучение санитарного состояния объектов окружающей среды в Российской Федерации и степень их контаминации яйцами *Enterobius vermicularis* по результатам санитарно-паразитологического мониторинга

А.Н. Летюшев^{1,2}, К.Б. Степанова¹, А.П. Ребещенко¹, Т.Ф. Степанова¹

¹ ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии»
Роспотребнадзора, ул. Республики, д. 147, г. Тюмень, 625026, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, г. Москва, 125993, Российская Федерация

Резюме

Введение. Энтеробиоз, вызываемый острицами (*Enterobius vermicularis*), является наиболее распространенным паразитарным заболеванием в России, представляющим серьезную медико-социальную проблему.

Цель исследования. Изучение санитарного состояния объектов окружающей среды в Российской Федерации и степень их контаминации яйцами *Enterobius vermicularis* по результатам санитарно-паразитологического мониторинга, проведенного в 2010–2024 гг.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный эпидемиологический анализ данных формы № 2-22 «Сведения о деятельности лабораторий санитарно-гигиенического, микробиологического и паразитологического профиля федеральных бюджетных учреждений здравоохранения – Центров гигиены и эпидемиологии» за 2010–2024 гг. Рассчитывался уровень загрязнения объектов окружающей среды (ООС) яйцами *Enterobius vermicularis* и уровень обеспеченности санитарно-паразитологическими пробами (СПП) (на 1000 исследований, или ‰). С помощью метода наименьших квадратов и выравнивания динамического ряда определена тенденция многолетней динамики уровня загрязнения объектов окружающей среды. Степень выраженности тенденции оценивалась по показателям базисного и среднегодового темпа прироста/убыли (%).

Результаты. За период 2010–2024 гг. наблюдалось снижение частоты обнаружения яиц остриц на 82 % с 1,47 до 0,88 ‰. Уровень обеспеченности санитарно-паразитологическими пробами (СПП) ежегодно уменьшался на 0,5 %. Превышающие среднероссийский показатель (0,92 ‰) уровни контаминации ООС выявлены в республиках Ингушетия (10,61 ‰), Чечня (2,66 ‰), Дагестан (2,66 ‰), Ставропольском крае (4,80 ‰) и ряде других регионов. Высокий уровень загрязнения яйцами остриц зафиксирован в воде бассейнов (1,76 ‰), сточных водах и их остатках (1,12 ‰), смывах (1,02 ‰). Минимальные показатели отмечены в воде нецентрализованного водоснабжения (0,23 ‰). С 2020 года значительно увеличилась доля субъектов, где не были обнаружены возбудители энтеробиоза при проведении санитарно-паразитологического мониторинга (с 14 до 40 %).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения санитарно-паразитологического мониторинга и совершенствования профилактических мероприятий для дальнейшего снижения уровня контаминации объектов окружающей среды возбудителем энтеробиоза.

Ключевые слова: *Enterobius vermicularis*, объекты окружающей среды, Российская Федерация, санитарно-паразитологический мониторинг, смывы.

Для цитирования: Летюшев А.Н., Степанова К.Б., Ребещенко А.П., Степанова Т.Ф. Изучение санитарного состояния объектов окружающей среды в Российской Федерации и степень их контаминации яйцами *Enterobius vermicularis* по результатам санитарно-паразитологического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 87–92. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-87-92

Study of the Sanitary Condition of Environmental Objects in the Russian Federation and the Degree of Their Contamination with *Enterobius vermicularis* Eggs Based on the Results of Parasitological Monitoring

Aleksandr N. Letyushev,^{1,2} Kseniya B. Stepanova,¹ Anna P. Rebeshchenko,¹ Tatyana F. Stepanova¹

¹ Tyumen Region Infection Pathology Research Institute, 147 Republic Street, Tyumen, 625026, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education,
Bldg 1, 2/1 Barrikadnaya Street, Moscow, 125993, Russian Federation

Summary

Introduction: Enterobiasis caused by pinworms (*Enterobius vermicularis*) is the most common parasitic disease in Russia and a significant public health challenge.

Objective: To study the sanitary condition of environmental objects in the Russian Federation and the degree of their contamination with *Enterobius vermicularis* eggs based on the results of parasite monitoring conducted in 2010–2024.

Materials and methods: We did a retrospective epidemiological analysis of data collected using Form No. 2-22, Information on activities of environmental quality, microbiological and parasitological laboratories of federal budgetary healthcare institutions – centers of hygiene and epidemiology, for 2010–2024. The level of contamination of environmental objects with *Enterobius vermicularis* eggs and the level of availability of parasitological samples (per 1,000 tests or ‰) were calculated. Using the least squares method and time series alignment, we determined long-term trends in environmental object contamination levels. The degree of trend expression was assessed using the indicators of the baseline and average annual growth/decline rate (%).

Results: In 2010–2024, the detection rate of pinworm eggs decreased by 82 %, from 1.47 ‰ to 0.88 ‰. The level of availability of sanitary and parasitological samples decreased by 0.5 % annually. Contamination levels exceeding the national average of 0.92 ‰ were detected in the republics of Ingushetia (10.61 ‰), Chechnya (2.66 ‰), Dagestan (2.66 ‰), Stavropol Krai (4.80 ‰), and some other regions. A high level of contamination with pinworm eggs was registered in swimming pool water (1.76 ‰), wastewater and its residues (1.12 ‰), and wipe samples (1.02 ‰). The lowest levels were observed in decentralized water supply (0.23 ‰). Since 2020, the percentage of Russian regions where enterobiasis pathogens were not found during parasitological monitoring has significantly increased from 14 % to 40 %.

Conclusions: The results highlight the importance of continuing parasitological monitoring and improving preventive measures to keep reducing the level of contamination of environmental objects with the causative agent of enterobiasis.

Keywords: *Enterobius vermicularis*, environmental objects, Russian Federation, sanitary and parasitological monitoring, wipe sampling.

Cite as: Letyushev AN, Stepanova KB, Rebeshchenko AP, Stepanova TF. Study of the sanitary condition of environmental objects in the Russian Federation and the degree of their contamination with *Enterobius vermicularis* eggs based on the results of parasitological monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):87–92 (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-87-92

Введение. Энтеробиоз является одним из наиболее распространенных паразитарных заболеваний в Российской Федерации, представляющим существенную медико-социальную проблему. Возбудитель заболевания – острицы (*Enterobius vermicularis*) – характеризуется высокой контагиозностью, выживаемостью в окружающей среде и устойчивостью к химическим воздействиям [1–3]. В структуре всех паразитарных заболеваний энтеробиоз занимает доминирующее положение, составляя 67 % от общего числа случаев. При этом 97 % заболевших – это детское население, а заболеваемость детей превышает взрослую в 134 раза (671,1 против 5,0 ‰)¹. Особенно уязвимой группой являются дети дошкольного возраста (3–6 лет), что обусловлено недостаточным владением гигиеническими навыками и наличием контаминированных факторов окружающей среды [4–6]. Ключевым звеном в реализации эпидемического процесса могут служить загрязненные поверхности, вода, почва и другие элементы внешней среды, особенно в детских образовательных организациях, плавательных бассейнах и местах массового пребывания детей [7–9]. Анализ данных санитарно-паразитологических исследований в РФ выявил существенный риск заражения паразитами через объекты окружающей среды [10]. Наибольшую эпидемиологическую значимость сохраняли три категории объектов: сточная вода (включая ил), смывы с поверхностей и вода плавательных бассейнов [11].

В связи с высокой заболеваемостью энтеробиозом среди детского населения особую актуальность приобретает изучение контаминации объектов окружающей среды в детских образовательных организациях [12]. Проведенные исследования высокой заболеваемости энтеробиозом в дошкольных учреждениях показали наличие ряда факторов, влияющих на распространение инфекции. К ним относятся: уровень благоустройства территории населенного пункта, где расположены детские учреждения, наличие помещений с совмещенным функциональным назначением, укомплектованность персоналом, набор помещений, плотность размещения детей и соблюдение гигиенических норм [13]. Результаты научных работ показывают, что в дошкольных образовательных учреждениях наиболее подвержены паразитарному загрязнению следующие объекты – мягкие игрушки, постельные принадлежности и руки детей [14, 15].

В оценке активности эпидемического процесса при энтеробиозе и других паразитарных заболеваниях, существенное место принадлежит результатам санитарно-паразитологических исследований, ко-

торые помогают оценить интенсивность реализации путей передачи [16–19]. Результаты исследований используются для разработки и реализации профилактических мер, направленных на предотвращение загрязнения объектов окружающей среды яйцами остриц, что помогает снизить риск распространения заболевания [20, 21].

Ограничения исследования: в анализ включены данные за период с 2010 по 2024 г. в разрезе субъектов РФ.

Перспективным направлением развития эпидемиологического надзора за энтеробиозом является внедрение современных методов молекулярно-генетического мониторинга возбудителя (включая секвенирование).

Цель исследования: изучение санитарного состояния объектов окружающей среды (ООС) в Российской Федерации и степень их контаминации яйцами *Enterobius vermicularis* по результатам санитарно-паразитологического мониторинга проведенного в 2010–2024 гг.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный эпидемиологический анализ данных формы № 2-22 «Сведения о деятельности лабораторий санитарно-гигиенического, микробиологического и паразитологического профиля федеральных бюджетных учреждений здравоохранения – центров гигиены и эпидемиологии» за 2010–2024 гг. Рассчитывался уровень загрязнения объектов окружающей среды (ООС) яйцами *Enterobius vermicularis* и уровень обеспеченности санитарно-паразитологическими пробами (СПП) (на 1000 исследований, или ‰). С помощью метода наименьших квадратов и выравнивания динамического ряда определена тенденция многолетней динамики уровня загрязнения объектов окружающей среды. Степень выраженности тенденции оценивалась по показателям базисного и среднегодового темпа прироста/убыли (%).

Результаты и обсуждение. Анализ показателей санитарно-паразитологического мониторинга в Российской Федерации за 2010–2024 гг. демонстрирует следующую динамику. Уровень обеспеченности санитарно-паразитологическими пробами (СПП) с объектов окружающей среды характеризовался ежегодным снижением на 0,5 % с 12,3 ‰ в 2010 г. до 12,1 ‰ в 2024 г. Пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на показатели: в 2020 г. зафиксировано значительное снижение уровня обеспеченности СПП до 8,2 ‰. Однако начиная с 2021 г. наблюдается тенденция к восстановлению данного показателя. Структура СПП продемонстрировала относительную стабильность в отношении доли смывов, которая варьировалась в пределах 74,4–78,9 %. Эффективность выявления

¹ Форма №2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» за 2010–2024 гг.

возбудителей энтеробиоза показала существенное снижение. Частота обнаружения яиц остриц на 1000 СПП уменьшилась на 3,4 % с 1,47 ‰ в 2010 г. до 0,88 ‰ в 2024 г., темп снижения составил 82,0 %. Данные результаты представлены в таблице.

Уровень загрязнения ООС яйцами остриц, превышающий среднероссийские показатели (0,92 ‰) в 1,5 и более раз отмечался в республиках: Ингушетия (10,61), Чечня (2,66), Дагестан (2,66), Ставропольском крае (4,80), Смоленской (3,72), Омской (3,71), Брянской (1,99), Архангельской (1,80), Костромской (1,80), Орловской (1,72), Свердловской (1,60), Магаданской (1,52) областях.

Наиболее высокий показатель паразитарного загрязнения, составивший 1,76 ‰, был зафиксирован в пробах воды из бассейнов. Следом за ними по убыванию расположились пробы сточных вод, их остатков и ила с показателем 1,12 ‰. На третьем месте оказались смывы с результатом 1,02 ‰. Далее следовали пробы поверхностных водных экосистем с показателем 0,56 ‰. Более низкие показатели были отмечены в пробах песка и почвы (0,36 ‰), а также в продовольственном сырье и пищевых продуктах (0,32 ‰). Минимальные значения паразитарного обсеменения были обнаружены в воде нецентрализованного водоснабжения, где показатель составил всего 0,23 ‰. Детальный анализ результатов санитарно-паразитологического мониторинга окружающей среды показал, что главным фактором, влияющим на распространение энтеробиоза, оказалась вода в бассейнах. Высокий

уровень загрязнения воды плавательных бассейнов яйцами *Enterobius vermicularis* (РФ – 1,76 ‰) отмечался в Смоленской (30,33), Владимирской (28,33), Вологодской (15,85), Свердловской (12,14), Тверской (7,59), Псковской (6,21), Ярославской (5,19) областях, Хабаровском крае (7,89), республиках: Тыва (19,19), Саха (Якутия) (14,86), Карелия (8,13), Алтай (5,92), Башкортостан (4,86), Крым (4,03). В 33 % регионов страны при исследовании воды плавательных бассейнов возбудителя энтеробиоза в 2010–2024 гг. не выявлено.

По частоте выявления яиц остриц в сточной воде, остатке сточных вод, иле превышающие среднероссийские показатели (1,12 ‰) в 2 и более раза преобладали на территории республик: Кабардино-Балкария (8,20), Ингушетия (7,23), Адыгея (3,26), Крым (2,62), Липецкой (6,65), Волгоградской (4,27), Белгородской (3,69), Астраханской (3,58), Костромской (3,24), Брянской (2,91), Псковской (2,28), Смоленской (2,90) областях, Забайкальском (5,01) и Ставропольском краях (3,76), Ненецком АО (2,30), что свидетельствует о недостаточной эффективности применяемых методов дезинвазии на очистных сооружениях.

В республиках: Ингушетия (12,16), Чечня (5,61), Коми (2,31), Дагестан (4,39), Ставропольском крае (5,32), Омской (4,54), Смоленской (4,25), Костромской (2,66), Магаданской (2,49), Орловской (2,46), Брянской (2,34), Архангельской (2,08) областях наибольшему загрязнению были подвержены смывы (РФ – 1,02 ‰). Исходя из полученных данных, распространение

Таблица. Результаты санитарно-паразитологического мониторинга в Российской Федерации (2010–2024)
Table. Results of parasitological monitoring in the Russian Federation, 2010–2024

Годы / Years	Количество СПП / Number of parasitology specimens	Обеспеченность СПП на 1000 / Availability of specimens per 1,000	Количество смывов / Number of wipe samples	Удельный вес смывов в структуре ССП / Proportion of wipe samples	Обнаружено яиц остриц на ООС / Samples tested positive for pinworm eggs, n	Частота обнаружения яиц остриц на 1000 ССП / Proportion of samples tested positive, per 1,000 specimens
2010	1 749 410	12,25	1 365 282	78,0	2573	1,47
2011	1 672 630	11,69	1 293 700	77,3	2001	1,20
2012	1 650 795	11,52	1 294 217	78,4	1791	1,08
2013	1 675 660	11,66	1 307 682	78,0	1783	1,06
2014	1 676 433	11,49	1 295 605	77,3	1585	0,95
2015	1 661 166	11,37	1 288 605	77,6	1461	0,88
2016	1 742 269	11,90	1 359 467	78,0	1609	0,92
2017	1 655 523	11,29	1 285 634	77,7	1697	1,03
2018	1 776 166	12,10	1 388 359	78,2	1022	0,58
2019	1 830 170	12,46	1 430 605	78,2	1007	0,55
2020	1 204 115	8,20	895 602	74,4	3159	2,62
2021	1 441 820	9,84	1 095 391	76,0	510	0,35
2022	1 536 319	10,53	1 182 091	76,9	636	0,41
2023	1 659 881	11,34	1 283 160	77,3	602	0,36
2024	1 773 139	12,12	1 398 228	78,9	470	0,27
Среднее / Mean	1647033	11,32	1 277 575	77,5	1460	0,88
Темп роста/снижения, % / Change rate, %						
2024/2010		–1,0		1,1		–82,0
Средний темп прироста, % / Mean change rate, %						
2010–2024		–0,5		–0,04		–3,4

энтеробиоза в указанных регионах происходило преимущественно через контаминированные поверхности различных объектов окружающей среды.

Наибольшему загрязнению была подвержена вода поверхностных водоемов (РФ – 0,56 ‰) на территориях субъектов: Калмыкии (30,15), Смоленской области (8,88), Ингушетии (8,64), Адыгеи (4,44), Липецкой (3,52), Саратовской (2,99) областях – в 5 раз и более по сравнению с РФ. В продовольственном сырье и продуктах питания, а также в почве и песке наибольшая степень контаминации регистрировалась в Ингушской Республике (7,50 и 14,83 соответственно) и Ставропольском крае (2,63 и 2,53 соответственно). Самая высокая частота встречаемости яиц остриц обнаружена в пробах воды нецентрализованного водоснабжения в Амурской области (4,90 ‰) и Краснодарском крае (4,17 ‰).

За период 2020–2024 гг. по сравнению с 2010–2019 гг. зафиксировано значительное увеличение доли субъектов Российской Федерации в среднем с 14 до 40 %, где не были обнаружены возбудители энтеробиоза при проведении санитарно-паразитологического мониторинга. При этом в период 2010–2019 гг. отсутствие положительных проб регистрировалось в диапазоне от 4 до 17 субъектов РФ. Начиная с 2020 г. наблюдается устойчивый рост данного показателя, достигший значений 32–35 субъектов ежегодно.

Заключение. Результаты санитарно-паразитологического мониторинга показали существенное снижение частоты обнаружения яиц остриц (темп снижения составил 82,0 % за анализируемый период) и значительный рост числа субъектов РФ без выявления возбудителя (с 14 до 40 %). Были выявлены территории риска по уровню контаминации объектов яйцами остриц, превышающий среднероссийские показатели и определены наиболее контаминированные объекты, способствующие реализации эпидемического процесса энтеробиоза. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения санитарно-паразитологического мониторинга и совершенствования профилактических мероприятий для дальнейшего снижения уровня контаминации объектов окружающей среды возбудителем энтеробиоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кузнецова К.Ю., Кузнецова М.А., Абрамов И.А., Асланова М.М., Мания Т.Р., Сергиев В.П., Рахманин Ю.А., Горенков Р.В. Эпидемиологическая характеристика и гигиеническая оценка факторов расширения ареалов возбудителей паразитарных заболеваний на территории Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2020. № 99 (9). С. 894–903. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-9-894-903
- Абрамов И.А., Чернявская О.П. Методика оценки риска развития неблагополучной эпидемической ситуации по энтеробиозу в субъектах Российской Федерации // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. № 3. С. 16–24. doi: 10.33092/0025-8326mp2020.3.16-24
- Рудская О.С., Малышева Н.С. Анализ заболеваемости энтеробиозом в Российской Федерации (в период с 2013 по 2023 год) // Флагман науки. 2025. № 3 (26). С. 35–38. doi: 10.37539/2949-1991.2025.26.3.031
- Николаева А.Т., Сыроватская Л.А. Заболеваемость энтеробиозом детского населения Республики Саха (Якутия) за период 2014–2016 гг. // Сфера знаний: вопросы современного этапа развития научной мысли: сборник. Казань, 2018. С. 485–488.
- Митряков К.И., Данилова К.А. Анализ заболеваемости детского населения Российской Федерации за 2013–2017 гг. // Modern Science. 2019. № 12(2). С. 105–109.
- Сутягина Д.М., Рязанова Е.А. Анализ заболеваемости энтеробиозом населения одного из городов Свердловской области за 2017–2019 гг. // Международный студенческий научный вестник. 2020. № 4. Доступно по: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20268>. Ссылка активна на 06.10.2025.
- Твердохлебова Т.И., Димидова Л.Л., Хуторянина И.В. и др. Санитарно-паразитологический мониторинг объектов окружающей среды Ростовской области // Медицинский вестник Юга России. 2020. Т. 3. № 11. С. 79–83. doi: 10.21886/2219-8075-2020-11-3-79-83
- Шахвердова Н.Ю., Болдырев Л.В., Умархаджиева Т.А. и др. Паразитарная контаминация почвы и песка детских площадок // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. Т. 131. № 5. С. 1–6. doi: 10.23670/IRJ.2023.131.55
- Шеметова С.А., Аракельян Р.С., Никешина Т.В., Шендо Г.Л. Паразитарная обсемененность объектов окружающей среды (по материалам ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Астраханской области») // Пермский медицинский журнал. 2022. Т. 39. № 2. С. 11–23. doi: 10.17816/pmj39211-23
- Аракельян Р.С., Шендо Г.Л., Рудчик Т.А., Исаева Л.А., Киселёва А.А., Черкашина Д.А., Давлеказиева А.Х., Гребнева Р.Д., Болатова Д.М., Бабичева С.В. Ретроспективный анализ обсемененности яйцами и личинками гельминтов и цистами патогенных кишечных простейших объектов окружающей среды // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 6 (108). С. 73–78. doi: 10.23670/IRJ.2021.108.6.048
- Летюшев А.Н., Степанова Т.Ф. Активность эпидемического процесса энтеробиоза в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 326. № 5. С. 57–64. doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-57-64
- Летюшев А.Н., Степанова Т.Ф., Шаруха Г.В. Заболеваемость энтеробиозом детей, посещающих образовательные организации Тюменской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 3 (336). С. 63–69. doi: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-63-69
- Летюшев А.Н., Степанова Т.Ф., Бакштановская И.В., Шаруха Г.В., Фольмер А.Я. Результаты оценки влияния отдельных факторов на паразитологическую безопасность в дошкольных образовательных организационных // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2019. № 4. С. 10–16. doi: 10.33092/0025-8326mp2019.4.10-16
- Чернова Т.М., Иванов Д.О., Ведута О.И., Тимченко В.Н., Баракина Е.В., Павлова Е.Б., Баунова И.Ю., Жеребцова А.А. Паразитарные инвазии у детей в мегаполисе // Детские инфекции. 2024. № 1 (86). С. 29–34. doi: 10.22627/2072-8107-2024-23-1-29-34
- Никешина Т.В., Киселёва А.А., Курбангалиева А.Р., Сивцова Л.А., Аракельян Р.С., Окунская Е.И., Моница С.И. Клинико-эпидемиологические аспекты энтеробиоза у дошкольников // Санитарный врач. 2022. № 4. С. 268–273. doi: 10.33920/med-08-2204-03
- Журавлёв П.В., Хуторянина И.В., Марченко Б.И. Барьерная роль очистных сооружений канализации в отношении паразитов, санитарно-показательных и патогенных бактерий на примере южной зоны России //

- Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 10. С. 1070-1076. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076
17. Кузнецова К.Ю., Асланова М.М., Кузнецова М.А., Руднева О.В., Мания Т.Р., Загайнова А.В. Проблемы обеспечения эффективного паразитологического контроля на территории Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 896-903. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-896-903
 18. Мазурина Е.О., Кравченко Д.А., Аракельян Р.С. и др. Обсемененность гельминто-протозойными инвазиями различных объектов окружающей среды // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. Т. 138. № 12. С. 193. doi: 10.23670/IRJ.2023.138.193
 19. Савина К.А., Косарев А.В., Микеров А.Н., Панкратова Ю.А. Динамика паразитологического состояния источников питьевого водоснабжения населения в условиях аридизации климата // Санитарный врач. 2022. № 8. С. 15-24. doi: 10.33920/med-08-2208-03
 20. Аракельян Р.С., Моница С.И., Уткина Е.Д. Паразитарная обсемененность объектов окружающей среды Астраханской области гельминтами и простейшими в 2017–2021 годах // Санитарный врач. 2023. № 1. С. 8–16. doi: 10.33920/med-08-2301-01
 21. Абрамов И.А., Чернявская О.П. Методика оценки риска развития неблагоприятной эпидемической ситуации по энтеробиозу в субъектах Российской Федерации // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. № 3. С. 16–24. doi: 10.33092/0025-8326mp2020.3.16-24
- REFERENCES**
1. Kuznetsova KYu, Kuznetsova MA, Abramov IA, Aslanova MM, Mania TR, Sergiev VP, Rakhmanin YuA, Gorenkov RV. Epidemiological characteristics and hygienic assessment of factors for expanding the areas of pathogens of parasitic diseases on the territory of the Russian Federation. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(9):894-903. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-9-894-903
 2. Abramov IA, Chernyavskaya, OP. Procedure for assessing risk of developing an adverse epidemic situation for enterobiasis in the constituent entities of the Russian Federation. *Medical Parasitology and Parasitic Diseases*. 2020;3:16-24. (In Russ.) doi: 10.33092/0025-8326mp2020.3.16-24
 3. Rudskaya OS, Malysheva NS. [Analysis of the incidence of enterobiasis in the Russian Federation (2013–2023).] *Flagman Nauki*. 2025;(3(26)):35-38. (In Russ.) doi: 10.37539/2949-1991.2025.26.3.031
 4. Nikolayeva AT, Syrovatskaya LA. [Enterobiasis incidence in the child population of the Republic of Sakha (Yakutia) in 2014–2016.] In: *[Sphere of Knowledge: Issues of the Modern Stage of Scientific Thought Development: Collection of Papers.]* Kazan; 2018:485-488. (In Russ.)
 5. Mityakov KI, Danilova KA. [Analysis of morbidity among the child population of the Russian Federation in 2013–2017.] *Modern Science*. 2019;(12-2):105-109. (In Russ.)
 6. Sutyagina DM, Ryazanova EA. [Analysis of the incidence of enterobiasis among the population of one of the cities in the Sverdlovsk Region in 2017–2019.] *Mezhdunarodnyy Studencheskiy Nauchnyy Vestnik*. 2020;(4). (In Russ.) Accessed October 27, 2025. <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20268>
 7. Tverdokhlebova TI, Dimidova LL, Khutoryanina IV, et al. Sanitary and parasitological monitoring of environmental objects in the Rostov region. *Meditsinskiy Vestnik Yuga Rossii*. 2020;11(3):79-83. (In Russ.) doi: 10.21886/2219-8075-2020-11-3-79-83
 8. Shakhverdova NY, Boldirev LV, Umarchadzhieva TA, et al. Parasitic contamination of playground soil and sand. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2023;(5(131)):40. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2023.131.55
 9. Shemetova SA, Arakelyan RS, Nikeshina TV, Shendo GL. Parasitic contamination of environmental objects (based on materials of center for hygiene and epidemiology in Astrakhan region). *Permskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2022;39(2):11-23. (In Russ.) doi: 10.17816/pmj39211-23
 10. Arakelyan RS, Shendo GL, Rudchik TA, Isaeva LA, Kiseleva AA, Cherkashina DA, Davlekazieva AKh, Grebnev RD, Bolatova DM, Babicheva SV. A retrospective analysis of the contamination of environmental objects with eggs and larvae of helminths and cysts of pathogenic intestinal protozoa. *International Research Journal*. (In Russ.) 2021;(6-2):73-78. doi: 10.23670/IRJ.2021.108.6.048
 11. Letyushev AN, Stepanova TF. Activity of the epidemic process of enterobiasis in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(5(326)): 57-64. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-57-64
 12. Letyushev AN, Stepanova TF, Sharukho GV. The incidence of enterobiasis in children attending educational institutions of the Tyumen Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(3(336)):63-69. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-63-69
 13. Letyushev AN, Stepanova TF, Bakshtanovskaya IV, Sharukho GV, Folmer AYa. Results of evaluating the influence of individual factors on parasitological security in preschool educational organizations. *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*. 2019;(4):10-16. (In Russ.) doi: 10.33092/0025-8326mp2019.4.10-16
 14. Chernova TM, Ivanov DO, Veduta OI, Timchenko VN, Barakina EV, Pavlova EB, Bazunova IYu, Zherebtova AA. Parasitic infestations in children in a metropolis. *Children's Infections*. 2024;23(1):29-34. (In Russ.) doi: 10.22627/2072-8107-2024-23-1-29-34
 15. Nikeshina TV, Kiseleva AA, Kurbanalieva AR, Sivtsova LA, Arakelyan RS, Okunskaya EI, Monina SI. Clinical and epidemiological aspects of enterobiasis in preschoolers. *Sanitary Doctor*. 2022;(4):268-273. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2204-03
 16. Zhuravlev PV, Khutoryanina IV, Marchenko BI. The barrier role of sewage treatment plants in relation to sanitary-indicative and pathogenic bacteria, parasitic agents on the example of the southern zone of Russia. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(10):1070-1076. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1070-1076
 17. Kuznetsova KYu, Aslanova MM, Kuznetsova MA, Rudneva OV, Mania TR, Zagaynova AV. Problems in ensuring effective parasitological control on the territory of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(8):896-903. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-896-903
 18. Mazurina YO, Kravchenko DA, Arakelyan RS, et al. Helminthprotozoal infestations in various environmental objects. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2023;(12(138)):193. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2023.138.193
 19. Savina KA, Kosarev AV, Mikerov AN, Pankratova YuA. Dynamics of the parasitological state of drinking water sources of the population in the conditions of climate aridization. *Sanitarnyy Vrach*. 2022;(8):547-560. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2208-03
 20. Arakelyan RS, Monina SI, Utkina ED. Parasitic contamination of environmental objects of the Astrakhan region with helminths and protozoa for 2017–2021. *Sanitary Doctor*. 2023;(1):8-16. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2301-01
 21. Abramov IA, Chernyavskaya OP. Procedure for assessing risk of developing an adverse epidemic situation for enterobiasis in the constituent entities of the Russian Federation. *Medical Parasitology and Parasitic Diseases*. 2020;(3):16-24. (In Russ.) doi: 10.33092/0025-8326mp2020.3.16-24

Сведения об авторах:

Летюшев Александр Николаевич – к.м.н., в.н.с. лаборатории эпидемиологического анализа и математического моделирования ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора; доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: letiushev_an@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4185-9829>.

Степанова Ксения Борисовна – к.м.н., директор ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора; e-mail: StepanovaKB@Tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5420-0919>.

✉ **Ребещенко** Анна Петровна – врач-эпидемиолог лаборатории эпидемиологического анализа и математического моделирования ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора; e-mail: annarebeshenko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-2718>.

Степанова Татьяна Федоровна – д.м.н., профессор, г.н.с. ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора; e-mail: stepanovاتف@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6289-6274>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Степанова К. Б., Степанова Т.Ф.*; сбор данных: *Летюшев А.Н., Степанова К.Б., Степанова Т.Ф.*; анализ и интерпретация результатов: *Ребещенко А.П.*; подготовка рукописи: *Летюшев А.Н., Степанова К.Б., Степанова Т.Ф.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: проведение исследования одобрено этическим комитетом ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии» Роспотребнадзора (протокол № 5 от 22.08.2025).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 18.07.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

Alexander N. **Letyushev**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Mathematical Modeling, Tyumen Region Infection Pathology Research Institute; Associate Professor, Department of Sanitary and Epidemiological Service Organization, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: letiushev_an@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4185-9829>.

Kseniya B. **Stepanova**, Cand. Sci. (Med.), Director, Tyumen Region Infection Pathology Research Institute; e-mail: StepanovaKB@Tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5420-0919>.

✉ Anna P. **Rebeshchenko**, Epidemiologist, Laboratory of Epidemiological Analysis and Mathematical Modeling, Tyumen Region Infection Pathology Research Institute; e-mail: annarebeshenko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-2718>.

Tatyana F. **Stepanova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Tyumen Region Infection Pathology Research Institute; e-mail: stepanovاتف@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6289-6274>.

Author contributions: study conception and design: *Stepanova K.B., Stepanova T.F.*; data collection: *Letyushev A.N., Stepanova K.B., Stepanova T.F.*; *Rebeshchenko A.P.*; analysis and interpretation of results: *Rebeshchenko A.P.*; draft manuscript preparation: *Letyushev A.N., Stepanova K.B., Stepanova T.F.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Ethics Committee of the Tyumen Region Infection Pathology Research Institute (protocol No. 5 of August 22, 2025).

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

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: July 18, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025



Особенности этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля

С.И. Савельев¹, Г.М. Трухина², Е.С. Ясная¹, Е.В. Черняева¹, Т.А. Христенко¹

¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»,
ул. Гагарина, д. 60а, г. Липецк, 398002, Российская Федерация

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

Резюме

Введение. В современных условиях профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), является одной из глобальных мировых проблем. Актуальность ИСМП определяется их повсеместным распространением, негативными последствиями для экономики государства, жизни и здоровья пациентов и медицинского персонала.

Цель исследования: изучение этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля в учреждениях Липецкой области.

Материалы и методы. Проанализировано 10 408 штаммов микроорганизмов, выделенных из клинического материала пациентов с различными видами хирургических инфекционных осложнений в период с 2007 по 2024 г. Спектр аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов выявляли с помощью стандартных бактериологических методов. Резистентность к антибактериальным препаратам определяли в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по тестированию на чувствительность к противомикробным препаратам (EUCAST). Статистическую обработку полученного материала проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel, компьютерной программы «Автоматизированное рабочее место бактериолога» (АРМ-бактериолога), разработанной с участием специалистов бактериологической лаборатории для проведения микробиологического мониторинга.

Результаты. Анализ результатов исследований биологического материала от больных гнойно-септическими инфекциями выявил особенности видового состава микробиоты в стационарах разного профиля. В хирургических отделениях многопрофильных стационаров определена ведущая роль грамположительной микрофлоры, в специализированном стационаре онкологического профиля преобладали грамотрицательные бактерии. В монокультуре микроорганизмы встречались в 39,1 % случаев, в ассоциативном содружестве – 60,9 %. Отмечена динамика увеличения грибов рода *Candida* в этиологической структуре микробиоты пациентов. Профиль антибиотикорезистентности энтеробактерий показал стабильную чувствительность к карбапенемам (меропенем) – 96,9 %, амикацину (94,6 %), ципрофлоксацину (90,4 %) и цефуроксиму (90,1 %). Доля чувствительных к амикацину стафилококков составила 99,7 %, гентамицину – 98,0 % и ванкомицину – 96,2 %.

Выводы. Многолетнее микробиологическое наблюдение за тенденцией изменения этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров, формированием спектра антибиотикорезистентных штаммов возбудителей позволяет прогнозировать интенсивность распространения штаммов в стационарах, своевременно, рационально подходить к выбору дезинфекционных мероприятий в учреждении и актуализировать программы антибактериальной терапии пациентов.

Ключевые слова: гнойно-септические инфекции; ИСМП; этиологическая структура; микробные ассоциации; антибиотикорезистентность.

Для цитирования: Савельев С.И., Трухина Г.М., Ясная Е.С., Черняева Е.В., Христенко Т.А. Особенности этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 11. С. 93–100. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-93-100

Features of the Etiological Structure of Purulent and Septic Complications in Patients of Different Specialty Surgical Hospitals

Stanislav I. Savelyev,¹ Galina M. Trukhina,² Elena S. Yasnaya,¹ Elena V. Chernyaeva,¹ Tatyana A. Khristenko¹

¹ Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region, 60a Gagarin Street, Lipetsk, 398002, Russian Federation

² F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, 2 Semashko Street, Mytishchi, Mytishchi Urban District, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: Prevention of healthcare-associated infections (HAI) is a current global challenge. Their relevance is determined by high prevalence and adverse consequences for national economies, life and health of patients and medical personnel.

Objective: To study the etiological structure of postoperative wound infections in patients of different specialty surgical departments of hospitals in the Lipetsk Region.

Materials and methods: In 2007–2024, 10,408 strains of microorganisms isolated from clinical specimens of patients with various types of surgical site infections were tested. The range of aerobic and facultative anaerobic organisms was identified using standard bacteriological methods. Resistance to antibiotics was determined in accordance with the recommendations of the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). Collected data were analyzed using Microsoft Excel and the “Automated Workplace of a Bacteriologist” software developed with the participation of bacteriology laboratory specialists for microbiological monitoring.

Results: The analysis of laboratory test results revealed distinct differences in the microbiota species composition between different specialty hospitals. Gram-positive bacteria prevailed in surgical departments of multidisciplinary hospitals while gram-negative bacteria were more frequently found in cancer centers. Mixed infections were established in 60.9 % of cases. We noted an increase in the proportion of *Candida* spp. in the etiological structure of the microbiota of patients. Gram-negative bacteria were resistant to carbapenems (meropenem) (96.9 %), amikacin (94.6 %), ciprofloxacin

(90.4 %), and cefuroxime (90.1 %). The proportions of staphylococci sensitive to amikacin, gentamicin, and vancomycin were 99.7 %, 98.0 %, and 96.2 %, respectively.

Keywords: purulent infections, sepsis, hospital-acquired infections, etiological structure, microbial associations, antibiotic resistance.

Cite as: Savelyev SI, Trukhina GM, Yasnaya ES, Chernyaeva EV, Khristenko TA. Features of the etiological structure of purulent and septic complications in patients of different specialty surgical hospitals. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(11):93–100. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-11-93-100

Введение. В современных условиях профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, является одной из глобальных мировых проблем. Актуальность ИСМП определяется их повсеместным распространением, негативными последствиями для экономики государств, жизни и здоровья пациентов и медицинского персонала [1–24]. На протяжении многих лет проблема ИСМП актуальна и для Липецкой области. Так, согласно Государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Липецкой области» в 2024 г. в хирургических стационарах зарегистрировано 25,5 % случаев ИСМП. В общей структуре ИСМП послеоперационные инфекции занимают 11,8 %.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), сотни миллионов пациентов ежегодно заражаются внутрибольничными инфекциями, что приводит к летальному исходу в каждом десятом случае [2, 4, 12, 14, 18]. Риск осложнений связан с особенностями лечебно-диагностического процесса и принципиально важной проблемой является определение возбудителя воспалительного процесса. Спектр основных возбудителей гнойно-септических инфекций (ГСИ) во многом определяется типом стационара, структурой нозологических форм, количеством и видом инвазивных манипуляций, применяемых в учреждении, адекватностью антибактериальной терапии [10].

ИСМП тесно связаны с другой актуальной проблемой в медицинской практике – развитием антибиотикорезистентности, что значительно затрудняет прогнозирование результатов оказания медицинской помощи пациентам с инфекционными осложнениями, т. к. резистентные к препаратам выбора микроорганизмы часто являются этиологическими агентами ГСИ, в том числе у пациентов хирургических и реанимационных отделений [15, 16, 17, 21]. Глобальное распространение штаммов с множественной лекарственной устойчивостьюотягощает течение заболеваний и является значительной угрозой здравоохранению в целом [1, 7, 9, 22, 23, 24].

Обеспечение эпидемиологической безопасности в отделениях многопрофильных стационаров во многом зависит от микробиологического мониторинга за патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, циркулирующими в стационаре, определения их видовой структуры и тенденции к изменению профилей антибиотикорезистентности [3, 8, 11, 20].

Цель исследования – изучение этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля в учреждениях Липецкой области.

Ограничение. Дальнейший анализ многолетнего исследования по видовой характеристике штаммов микроорганизмов, выделенных от пациентов многопрофильных стационаров и специализированного стационара онкологического профиля, позволит более систематизировано подойти к оценке эпидемиологической ситуации в стационарах и определить роль *Acinetobacter baumannii* в развитии гнойно-воспалительных осложнений у пациентов.

Материал и методы. Исследования проводились в хирургических и реанимационных отделениях двух многопрофильных и одного крупного специализированного онкологического стационара Липецкой области в период с 2007 по 2024 г. Проанализировано 10 408 штаммов микроорганизмов, выделенных из клинического материала пациентов с различными видами хирургических инфекционных осложнений.

Забор материала производился из отделяемого ран, содержимого дренажных трубок и пунктатов с помощью зонд-тампонов в сухую стерильную пробирку или в транспортную систему с агаризованной или жидкой средой Эймса в соответствии с методическими указаниями¹. Анализ проводился на весь спектр аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов с применением стандартных общепринятых бактериологических методов и использованием бактериологического полуавтоматического анализатора AutoScan 4.

Выделение и идентификация микроорганизмов осуществлялась согласно требованиям документированных процедур, ранее действовавших и действующих на современном этапе нормативных документов².

Тестирование и интерпретацию результатов чувствительности к антибиотикам проводили методом дисковой диффузии на среде Мюллера – Хинтона в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по тестированию чувствительности к противомикробным препаратам, версия 11.0 от 2021 г. и Методическими указаниями³. При проведении статистического анализа использовали программное обеспечение Microsoft Excel, компьютерную программу «АРМ-бактериолога», разработанную с участием специалистов бактериологической лаборатории для проведения микробиологического мониторинга.

¹ МУ 4.2.2039–05 «Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории».

² Приказ МЗ СССР от 22.04.85 №535 «Об унификации микробиологических (бактериологических) методов исследования, применяемых в клинко-диагностических лабораториях лечебно-профилактических учреждений», инструкция по применению «Микробиологические методы исследования биологического материала» от 19.03.10 № 075-0210, Минск.

³ МУК 4.2.1890–04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам».

Результаты и обсуждение. Результаты проведенного нами бактериологического исследования показали, что за период 2007–2024 гг. структура видового состава возбудителей, участвующих в развитии ИСМП у пациентов стационаров разного профиля состояла из представителей различных родов как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий. Гнойно-септические осложнения (ГСО) у обследованных больных носили полимикробный характер. В монокультуре микроорганизмы встречались в 39,1 % случаев, в ассоциативном содружестве – 60,9 %. В структуре выделенной микрофлоры из стационаров преобладали грамположительные микроорганизмы – 59,2 %, в 35,4 % – причиной инфекционных осложнений послужили грамотрицательные микроорганизмы, в 4,0 % – грибы рода *Candida* (таблица).

При анализе результатов микробиологического мониторинга в многопрофильных стационарах было показано, что ведущей причиной инфекционных осложнений являлись грамположительные бактерии. Грамотрицательные микроорганизмы на протяжении всего наблюдаемого периода высевались реже, с наибольшим удельным весом в 2012 г. (41,5 %) и наименьшим в 2013 г. (14,8 %). Обращает на себя внимание тенденция к росту обнаружения грибов рода *Candida*. В доковидный период их доля составляла 2,5 %, с 2020 по 2024 г. удельный вес грибов данного рода вырос в 3 раза и составил 7,5 % (рис. 1).

В этиологической структуре микробиоты удельный вес стафилококков составил 44,4 %, при этом на долю *S. aureus* приходится 42,7 %. Коагулазаотрицательные

штаммы составляли 57,3 %, среди которых преобладал *S. epidermidis* (42,7 %). Золотистый стафилококк выявлялся как в монокультуре, так и в ассоциации с другими видами микробов.

Представители семейства *Enterobacteriaceae* в этиологической структуре гнойно-воспалительных инфекций хирургических отделений занимали второе место (21,3 %). Это, прежде всего *E. coli* – 50,3 %, *Klebsiella* spp. – 19,5 %, *Proteus* spp. – 18,9 %, *Enterobacter* spp. – 5,7 %.

Удельный вес стрептококковой инфекции в структуре ИСМП (3,3 %) был обусловлен *S. viridans* (group) – 40,2 %, *S. agalactiae* – 23,3 % и *S. pyogenes* – 8,7 %. Энтерококки выделены в 17,2 % случаев, дрожжевые грибы рода *Candida* высевались в 3,0 %. Частота обнаружения неферментирующих грамотрицательных бактерий (НФГОб) была невысокой и составила 4,2 %, доминировала синегнойная палочка (65,9 %). Другие виды микроорганизмов были представлены менее чем в полутора процентах и детальному рассмотрению не подвергались (рис. 2).

Иная этиологическая структура возбудителей ГСО, по данным многолетнего микробиологического мониторинга, наблюдалась в микробиоте клинического материала от пациентов хирургических отделений специализированного онкологического стационара в отличие от возбудителей ГСО хирургических многопрофильных стационаров. В составе выделенных штаммов микроорганизмов из клинического материала хирургических отделений онкологического многопрофильного стационара преобладали грамотрицательные микроорганизмы – 51,6 %.

Таблица. Этиология инфекционных осложнений у пациентов хирургических отделений различных стационаров в 2007–2024 гг. (абс., %)

Table. Etiology of postoperative infections in patients of surgical departments of different hospitals in 2007–2024 (n, %)

Микроорганизмы / Microorganisms	n	%
Грамположительная микрофлора / Gram-positive bacteria	6161	59,2
Стафилококки всего, в т.ч. / <i>Staphylococcus</i> spp., of which	3672	59,6
– <i>S. aureus</i>	1501	40,9
– CNS	2171	59,1
Энтерококки / <i>Enterococcus</i> spp.	1807	29,3
Стрептококки / <i>Streptococcus</i> spp.	326	5,3
Прочие / Other	356	5,8
Грамотрицательная микрофлора / Gram-negative bacteria	3688	35,4
Энтеробактерии всего, в т. ч. / <i>Enterobacteriaceae</i> spp., of which	2793	75,7
– <i>E. coli</i>	1247	44,6
– <i>Klebsiella</i> spp.	738	26,4
– <i>Enterobacter</i> spp.	194	6,9
– <i>Proteus</i> spp.	478	17,1
– Прочие / Other	136	5,0
НФГОб всего, в т. ч. / Non-fermenting Gram-negative bacteria (NFGNB), of which	838	22,7
– <i>P. aeruginosa</i>	610	72,8
– <i>Acinetobacter</i> spp.	185	22,1
– Прочие / Other	43	5,1
Прочие грамотрицательные микроорганизмы / Other Gram-negative bacteria	57	1,5
Грибы рода <i>Candida</i> / <i>Candida</i> spp.	416	4,0
Другие / Other	143	1,4

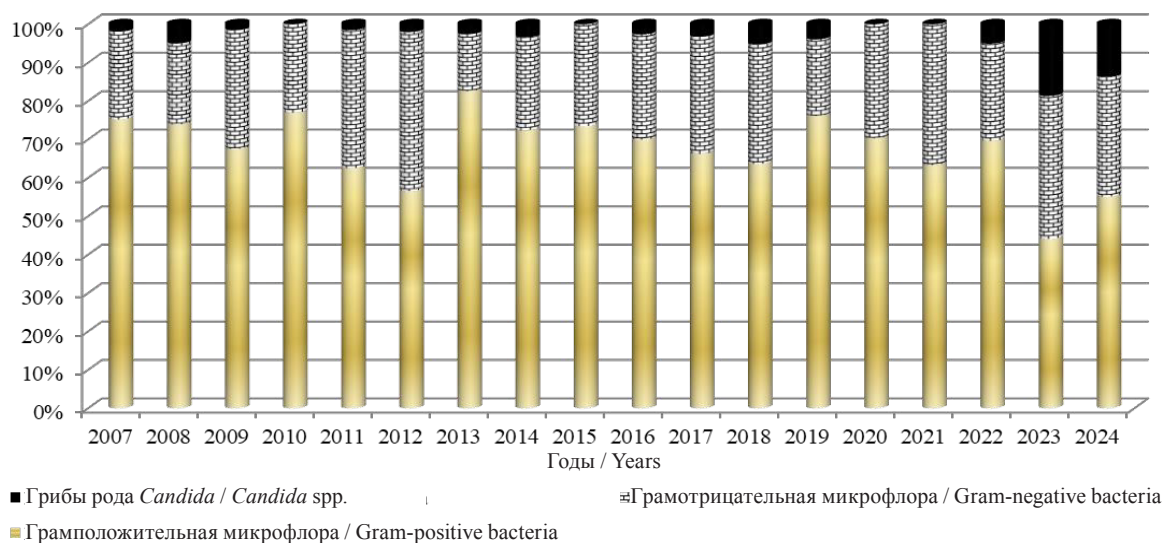


Рис. 1. Соотношение основных таксонов-возбудителей инфекций из клинического материала у пациентов многопрофильных стационаров

Fig. 1. The ratio of the main pathogens isolated from surgical patients of multidisciplinary hospitals

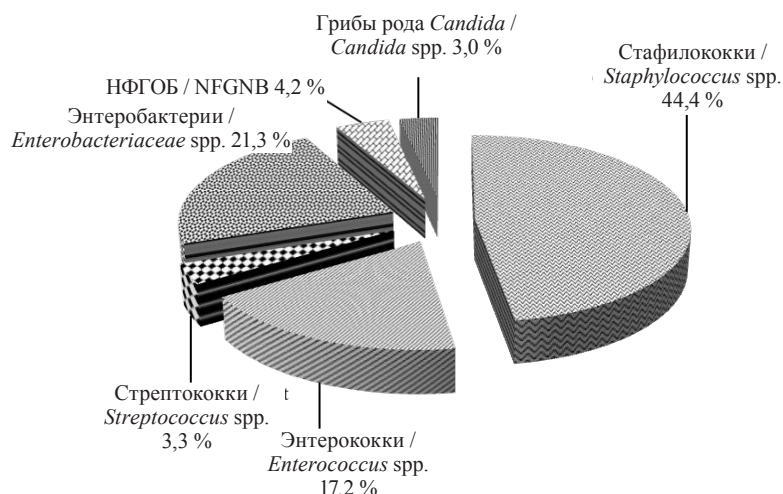


Рис. 2. Распределение возбудителей ИСМП в клиническом материале пациентов хирургического профиля многопрофильных стационаров в 2007–2024 гг.

Fig. 2. Distribution of HAI pathogens in clinical specimens of surgical patients of multidisciplinary hospitals in 2007–2024

Среди основных возбудителей регистрировались энтеробактерии (36,5 %), в т. ч. *E. coli* – 38,9 %, *Klebsiella* spp. – 33,5 %, *Proteus* spp. – 15,3 %, *Enterobacter* spp. – 8,2 %. Неферментирующие грамотрицательные бактерии высевались в 14,9 % случаев. Доминировала синегнойная палочка (76,3 %).

На долю грамположительных микроорганизмов приходился 41,0 %. В структуре грамположительных бактерий стафилококки составили 7,1 %, *Enterococcus* spp. – 43,5 %, стрептококки – 6,9 %.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при инфекционных осложнениях у онкологических больных с 2013 года неуклонно растет роль грибковых инфекций. Грибы рода *Candida* spp. в наших исследованиях среди возбудителей встречались в 5,7 % случаев.

Обращает внимание высокая частота обнаружения грибов *Candida* spp. в материале пациентов реанимационных отделений интенсивной терапии

(ОРИТ) – 15,0 %. Динамика уровня выявления возбудителей гнойно-септических инфекций из клинического материала пациентов специализированного онкологического стационара представлена на рис. 3.

Все приоритетные возбудители гнойно-септических осложнений, этиологическая роль которых была очевидна или вероятна, протестированы на антибиотикорезистентность к основным классам антибактериальных средств, используемых в стационарах за отчетный период времени.

Метициллинрезистентность госпитальных штаммов стафилококков, которая сопровождается клинической неэффективностью антибиотиков из группы бета-лактамов, является серьезной проблемой здравоохранения [5]. Штаммы *S. aureus*, изолированные из материала пациентов хирургических отделений многопрофильных стационаров, за весь анализируемый период в среднем продемонстрировали невысокий уровень резистентности

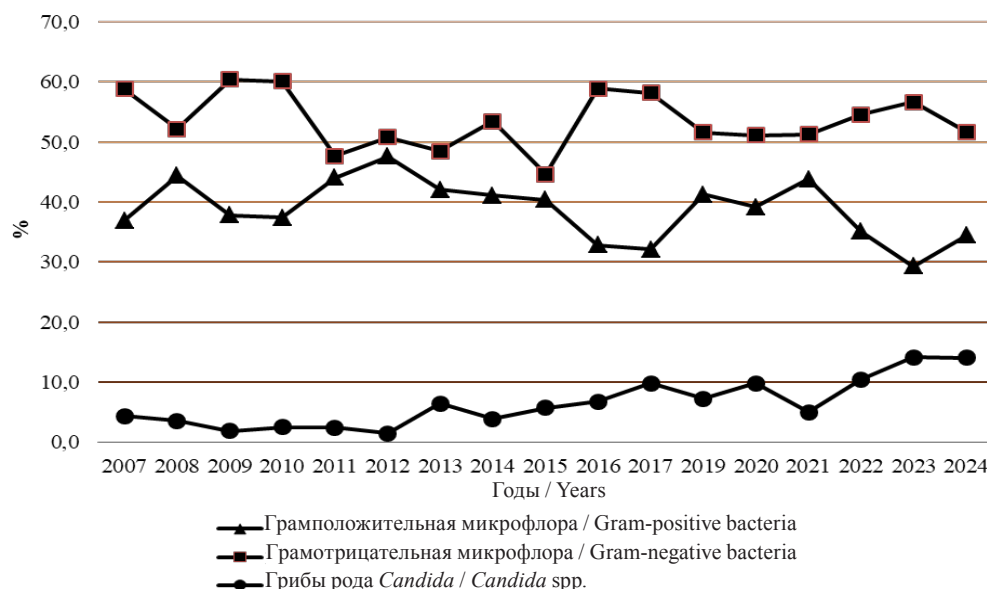


Рис. 3. Структура и соотношение основных групп возбудителей ИСМП в специализированном стационаре

Fig. 3. The structure and ratio of the main groups of HAI pathogens in a cancer center

к метициллину (14,9 %) с наименьшим показателем в 2017 г. (4,9 %). Доля чувствительных к амикацину стафилококков составила 99,7 %, гентамицину – 98,0 % и ванкомицину – 96,2 %.

Наиболее активными антибиотиками (*in vitro*) в отношении грамотрицательных бактерий определены карбапенемы (меропенем), чувствительность исследованных штаммов энтеробактерий составила 96,9 %. Профиль антибиотикочувствительности показал, что стабильная чувствительность выделенных штаммов сохраняется к амикацину (94,6 %), ципрофлоксацину (90,4 %) и цефуроксиму (90,1 %).

Резистогаммы энтерококков характеризовались показателями чувствительности к нитрофурантоину (90,9 %), гентамицину (88,2 %), ампициллину (78,5 %), стрептомицину (72,7 %). В течение всего периода наблюдения в среднем регистрировалось порядка 20 % штаммов, устойчивых к ванкомицину.

Культуры *P. aeruginosa*, выявленные в материале пациентов хирургических отделений многопрофильных стационаров, в 90,8 % случаев были чувствительны к аминогликозидам (амикацин) и в 90,6 % – к фторхинолонам (ципрофлоксацин). Отмечался низкий уровень чувствительности псевдомонад к сульфаниламидам (ко-тримаксозол) – 29,1 %.

В материале пациентов хирургических отделений специализированного стационара онкологического профиля нами выявлено 27,8 % метициллинрезистентных штаммов золотистого стафилококка и 53,2 % штаммов из числа коагулазонегативных стафилококков. На высоком уровне отмечена чувствительность к амикацину (95,8 %), ванкомицину (87,1 %), гентамицину (86,6 %).

У 25,6 % штаммов энтерококков отмечался низкий уровень чувствительности к ванкомицину, у 52,4 % культур выявлена устойчивость к ципрофлоксацину, 46,6 % – к тетрациклину. Стабильные показатели регистрировались по чувствительности к нитрофурантоину (83,7 % чувствительных штаммов) и гентамицину (70,5 %).

Анализ резистогамм синегнойной палочки показал высокую частоту выявления устойчивых штаммов в стационаре онкологического профиля по сравнению с хирургическими отделениями многопрофильных стационаров. Так, отмечался низкий уровень чувствительности штаммов к карбенициллину (25,6 %) и цефотаксиму (27,6 %). В 58,2 % случаев регистрировались штаммы, чувствительные к цефтазидиму, 57,7 % – к амикацину, 53,9 % – к меропенему.

Среди представителей энтеробактерий выявлен достаточно высокий уровень чувствительности к меропенему (88,8 %) и амикацину (80,9 %). Наиболее устойчивыми оказались культуры к ампициллину и тетрациклину – 26,7 и 39,0 % чувствительных штаммов соответственно.

Обсуждение. Представленный в нашем исследовании микробный спектр из клинического материала пациентов свидетельствует о том, что в этиологии инфекционных осложнений хирургических отделений многопрофильных стационаров ведущее место занимают грамположительные бактерии, в специализированном онкологическом стационаре на сегодняшний день, как и в предыдущие годы, в этиологии возбудителей лидируют грамотрицательные бактерии. В структуре микробиоты преимущественно определялись стафилококки, энтеробактерии, энтерококки, синегнойная палочка и грибы рода *Candida* spp. Данным микроорганизмам принадлежит ведущая роль в развитии гнойно-воспалительных осложнений, что согласуется с результатами других исследований [12, 20].

В структуре микроорганизмов, выделенных из биологического материала от больных хирургических отделений многопрофильных стационаров, сохраняется доминирующая роль стафилококков, прежде всего *S. aureus*, среди энтеробактерий – *E. coli*, НФГОМ – синегнойная палочка. Обращает на себя внимание тенденция к росту обнаружения грибов рода *Candida*, удельный вес которых в ковидный и постковидный период вырос в 3 раза.

Анализ динамики многолетних исследований показал, что в клинических образцах пациентов специализированного стационара преобладали грамотрицательные микроорганизмы, среди которых удельный вес *E. coli*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp. не меняется. Из числа неферментирующих грамотрицательных бактерий наиболее распространена *Pseudomonas aeruginosa*, в структуре грамположительных бактерий – *Enterococcus* spp. Наши исследования свидетельствуют о том, что при инфекционных осложнениях у онкологических больных с 2013 года неуклонно растет роль грибковых инфекций. Среди негативных тенденций отмечается рост доли грибов *Candida* spp. в материале пациентов реанимационных отделений интенсивной терапии.

Микробиологический мониторинг возбудителей инфекционных осложнений в многопрофильных хирургических стационарах позволил получить информацию о распространенности микроорганизмов, резистентных к антимикробным препаратам. Метициллинрезистентность госпитальных штаммов стафилококков, которая сопровождается клинической неэффективностью антибиотиков из группы бета-лактамов, является серьезной проблемой здравоохранения [5]. Штаммы *S. aureus*, изолированные из материала пациентов хирургических отделений многопрофильных стационаров, за весь анализируемый период в среднем продемонстрировали невысокий уровень резистентности к метициллину с наименьшим показателем в 2017 г. (14,9 %). В отношении грамотрицательных бактерий наиболее активными антибиотиками (*in vitro*) определены карбапенемы (меропенем), чувствительность исследованных штаммов энтеробактерий составила 96,9 %. Сохраняется стабильная чувствительность выделенных штаммов к амикацину (94,6 %), ципрофлоксацину (90,4 %) и цефуроксиму (90,1 %). В течение всего периода наблюдения в среднем регистрировалось порядка 20 % штаммов *Enterococcus* spp., устойчивых к ванкомицину.

Анализ резистогрмм *Pseudomonas aeruginosa* показал высокую частоту выявления устойчивых штаммов в стационаре онкологического профиля по сравнению с хирургическими отделениями многопрофильных стационаров.

Данные, полученные в ходе исследований, послужили основой для выбора и актуализации схем назначения антибактериальной терапии, проведения мероприятий по сдерживанию роста антимикробной резистентности возбудителей хирургических осложнений инфекционного генеза и показали необходимость дальнейшего микробиологического мониторинга возбудителей ИСМП у больных различных хирургических отделений и выявления механизмов резистентности к антимикробным препаратам.

При анализе результатов микробиологического мониторинга этиологической структуры гнойно-септических осложнений у пациентов хирургических стационаров разного профиля в учреждениях Липецкой области, проводимого с 2007 по 2024 г., не выявлено изменений тенденции в ведущей роли микроорганизмов, являющихся причиной инфекционных осложнений. Так, на протяжении всего изучаемого периода в многопрофильных стационарах

чаще всего выделялась грамположительная микрофлора, в частности бактерии рода *Staphylococcus*, в стационаре онкологического профиля преобладали грамотрицательные микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae*. С 2013 г. отмечается рост доли грибов *Candida* spp. в материале пациентов специализированного стационара.

Постоянный мониторинг возбудителей хирургических инфекций, дальнейшее изучение характера и основных тенденций изменения в их составе позволит прогнозировать интенсивность распространения штаммов в стационарах и рационально применять меры для предотвращения распространения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, актуализировать программы антибактериальной терапии пациентов и проведение дезинфекционных мероприятий в учреждении.

Выводы

1. Полученные данные свидетельствуют о том, что особенностью гнойно-септических осложнений в хирургических отделениях стационаров является полиэтиологичность, формирование ассоциаций микроорганизмов из различного спектра возбудителей, комбинаций грамположительных, грамотрицательных бактерий и грибов.

2. В микробиоте клинического материала от пациентов хирургических отделений многопрофильных стационаров определена ведущая роль грамположительной микрофлоры (69,6 %). В этиологической структуре возбудителей госпитальных инфекций специализированного стационара онкологического профиля преобладали грамотрицательные бактерии (51,6 %), что говорит об уникальной микробной экологии в каждом из отделений стационаров.

3. Отмечена тенденция роста гнойно-септических осложнений, обусловленных грибами, в том числе грибами рода *Candida*. В многопрофильных стационарах в период с 2020 по 2024 г. удельный вес грибов данного рода вырос в 3 раза и составил 7,5 %, в специализированном онкологическом стационаре с 6,4 % в 2013 до 14,0 % в 2024 г.

4. Исследованные штаммы одного вида микроорганизма имеют различную степень чувствительности к антибактериальным препаратам, выделенных в многопрофильных и специализированном стационарах области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимкин В.Г., Тутьян А.В. Актуальные направления научных исследований в области инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, на современном этапе // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4 (301). С. 46–50. doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-46-50
2. Абрамов Ю.Е., Тимурзиева А.Б., Орлова О.А., Акимкин В.Г. Совершенствование системы профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, и борьбы с антибиотикорезистентностью на основе оптимизации взаимодействия участников лечебно-диагностического процесса // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 8. С. 88–97. doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-8-88-97
3. Андриков Б.Г., Сомова Л.М., Матосова Е.В., Ляпун И.Н. Фенотипическая пластичность как стратегия бактериальной резистентности и объект передовых антимикробных технологий (обзор) // Современные технологии в медицине. 2019. Т. 11. № 2. С. 164–182, doi: 10.17691/stm2019.11.2.22
4. Баранцевич Н.Е., Баранцевич Е.П. Видовое разнообразие и метициллинрезистентность стафилококков при

- нозокомиальных инфекциях // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2019. Т. 21. №3. С. 207–211. doi: 10.36488/смач.2019.3.207-211
5. Брусина Е.Б., Зуева Л.П., Ковалишена О.В. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современная доктрина профилактики. Часть 1. Исторические предпосылки // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2018. Т. 17. № 5. С. 17–24.
 6. Брусина Е.Б., Зуева Л.П., Ковалишена О.В. и др. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современная доктрина профилактики Часть 2. Основные положения // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2018. Т. 17. № 6. С. 4–10.
 7. Дятлов И.А. О механизме защиты бактериальной клетки, который может быть использован для борьбы с антибиотикорезистентностью // Бактериология. 2021. Т. 6. № 1. С. 5–7. doi: 10.20953/2500-1027-2021-1-5-7
 8. Желнина Т.П., Брусина Е.Б. Эффективность эпидемиологического мониторинга в профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2019. Т. 18. № 3. С. 84–88. doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-84-88.
 9. Захvatова А.С., Дарыина М.Г., Светличная Ю.С., Зуева Л.П., Асланов Б.И., Червякова М.А. Микробиологический мониторинг антимикробной резистентности потенциальных возбудителей инфекций кровотока // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12. № 1. С. 185–192. doi: 10.15789/2220-7619-ARM-1552
 10. Иванов Ф.В., Гумилевский Б.Ю. Микробиологический мониторинг инфекции, связанной с оказанием медицинской помощи // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. №12 (138).
 11. Кудлай Д.А., Бакиров Б.А., Зарипова Г.Р. и др. Оценка микробиологического пейзажа и уровня антибиотикорезистентности в многопрофильном стационаре // Туберкулез и болезни легких. 2022. Т. 100. № 8. С. 43–53.
 12. Куцевалова О.Ю., Розенко Д.А., Козель Ю.Ю. и др. Этиологическая характеристика возбудителей инфекционных осложнений у онкологических больных // Антибиотики и химиотерапия. 2022. Т. 67. № 5–6. С. 30–38.
 13. Найговзина Н.Б., Попова А.Ю., Бирюкова Е.Е. и др. «Оптимизация системы мер борьбы и профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Российской Федерации» // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2018. № 1. С. 6–14.
 14. Перфильева Д.Ю., Мирошниченко А.Г., Перфильев В.Ю., Бойков В.А., Барановская С.В., Бабешина М.А., Сиротина А.С. Особенности этиологической структуры возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в условиях многопрофильного стационара города Томска // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2024. Т. 12. № 3. С. 377–385.
 15. Сергеев В.И., Кудрявцева Л.Г., Пегушина О.Г. Частота выявления и антибиотикорезистентность возбудителей гнойно-септических инфекций // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21. № 1. С. 74–80. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-74-80
 16. Сергеев В.И., Кудрявцева Л.Г., Пегушина О.Г., Волкова Э.О., Решетникова Н.И. Групповая заболеваемость гнойно-септическими инфекциями и клебсиеллезной этиологии пациентов кардиохирургического стационара // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19. № 1. С. 90–98. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-1-90-98
 17. Скачкова Т.С., Замятин М.Н., Орлова О.А. и др. Мониторинг метициллинрезистентных штаммов стафилококка в многопрофильном стационаре Москвы с помощью молекулярно-биологических методов // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20. № 1. С. 44–50. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-1-44-50
 18. Суборова Т.Н. Изучение динамики выделения грамотрицательных бактерий у пациентов многопрофильного стационара // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. № 1. С. 195–196.
 19. Ульянов Е.В., Власова А.Ю., Мельников В.Л., Митрофанова Н.Н. Анализ эколого-эпидемиологических особенностей гнойно-септических инфекций в хирургических отделениях многопрофильных стационаров на территории РФ // Вестник Пензенского государственного университета. 2021. № 3. С. 37–42.
 20. Ставчиков Е.Л., Федянин С.Д., Зиновкин И.В., Марочков А.В., Ставчикова М.А. Этиология и антибиотикорезистентность микрофлоры у пациентов с гнойными ранами // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2025. Т. 23. № 3. С. 254–260. doi: 10.25298/2221-8785-2025-23-3-254-260
 21. Яровой С.К., Восканян Ш.Л., Тутельян А.В., Гладкова Л.С. Антибактериальная профилактика при развитии инфекций в области хирургического вмешательства: взгляд эпидемиолога // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2020. Т. 10. № 1. С. 21–29. doi: 10.18565/epidem.2020.10.1.21-91
 22. Brouqui P, Boudjema S, Soto Aladro A, et al. New approaches to prevent healthcare-associated infection. *Clin Infect Dis*. 2017;65(suppl_1):S50–S54. doi: 10.1093/cid/cix433
 23. Nabhan AF, Allam NE, Hamed Abdel-Aziz Salama M. Routes of administration of antibiotic prophylaxis for preventing infection after caesarean section. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2016(6):CD011876. doi: 10.1002/14651858.CD011876.pub2
 24. Theuretzbacher U, Gottwalt S, Beyer P, et al. Analysis of the clinical antibacterial and antituberculosis pipeline. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(2):e40–e50. doi: 10.1016/S1473-3099(18)30513-9

REFERENCES

1. Akimkin VG, Tutel'yan AV. Current directions of scientific researches in the field of infections, associated with the medical care, at the present stage. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(4(301)):46–50. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-46-50
2. Abramov IuE, Timurzieva AB, Orlova OA, Akimkin VG. Improving the system of preventing healthcare-associated infections and combating antibiotic resistance by optimizing participant interaction in the diagnostic and treatment process. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(8):88–97. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-8-88-97
3. Andryukov BG, Somova LM, Matosova EV, Lyapun IN. Phenotypic plasticity as a strategy of bacterial resistance and an object of advanced antimicrobial technologies (review). *Sovremennye Tekhnologii v Medicine*. 2019;11(2):164–182. doi: 10.17691/stm2019.11.2.22
4. Barantsevich NE, Barantsevich EP. Species diversity and methicillin resistance in *Staphylococcus* spp. in nosocomial infections. *Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya*. 2019;21(3):207–211. (In Russ.) doi: 10.36488/смач.2019.3.207-211
5. Brusina EB, Zuyeva LP, Kovalishena OV, Stasenko VL, Feldblum IV, Briko EI. Healthcare-associated infections: Modern doctrine of prophylaxis. Part I. Historical background. *Epidemiologiya i Vaksinooprofilaktika*. 2018;17(5):17–24. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-5-17-24
6. Brusina EB, Zuyeva LP, Kovalishena OV, et al. Healthcare-associated infections: Modern doctrine of prophylaxis. Part II. Basic concept. *Epidemiologiya i Vaksinooprofilaktika*. 2018;17(6):4–10. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-4-10
7. Dyatlov IA. [On the protective mechanism of a bacterial cell, which can be used to combat antibiotic resistance: Editorial]. *Bakteriologiya*. 2021;6(1):5–7. (In Russ.)
8. Gelbina TP, Brusina EB. Efficiency of epidemiological monitoring in prevention of helhcare-associated infections. *Epidemiologiya i Vaksinooprofilaktika*. 2019;18(3):84–88. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-84-88
9. Zakhvatova AS, Daryina MG, Svetlichnaya YS, Zueva LP, Aslanov BI, Chervyakova MA. Antimicrobial resistance monitoring of potential pathogens causing bloodstream infections. *Infektsiya i Immunitet*. 2022;12(1):185–192. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-ARM-1552
10. Ivanov FV, Gumilevskii BY. Microbiological monitoring of healthcare-associated infections. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2023;(12(138)). (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2023.138.210
11. Kudlay DA, Bakirov BA, Iksanova GR, Allayarov ND. Assessment of microbiological environment and the level of antibiotic resistance in a multidisciplinary hospital.

- Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2022;100(8):43-53. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2022-100-8-43-53
12. Kutsevalova OYu, Rozenko DA, Kozel YuYu, et al. Etiological characteristics in causative agents of infectious complications in cancer patients. *Antibiotiki i Khimioterapiya*. 2022;67(5-6):30-38. (In Russ.) doi: 10.37489/0235-2990-2022-67-5-6-30-38
 13. Naygovzina NB, Popova AYU, Biryukova EE, et al. Optimization of the system of measures for control and prevention of healthcare-associated infections, in the Russian Federation. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2018;(1):6-14. (In Russ.)
 14. Perfil'yeva DYU, Miroshnichenko AG, Perfil'yev VYu, et al. Features of etiological structure of agents of healthcare-associated infections in conditions in a multidisciplinary hospital of Tomsk city. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(3):377-385. (In Russ.) doi: 10.23888/HMJ2024123377-385
 15. Sergevnin VI, Kudryavtseva LG, Pegyshina OG. Rate of detection and antibiotic resistance pathogens of purulent-septic infections in cardiac surgery patients. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2022;21(1):74-80. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-74-80
 16. Sergevnin VI, Kudryavtseva LG, Pegyshina OG, Volkova EO, Reshetnikova NI. Group incidence by purulent-septic infections of clebsiellous etiology in cardiosurgical patients. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2020;19(1):90-98. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-1-90-98
 17. Skachkova TS, Zamyatin MN, Orlova OA, et al. Monitoring methicillin-resistant staphylococcus strains in the Moscow medical and surgical center using molecular-biological methods. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2021;20(1):44-50. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-1-44-50
 18. Suborova TN, Svistunov SA, Kuzin AA, Zharkov DA. Exercise of dynamics of the selection of gram-negative bacteria in patients with a multidisciplinary stationary. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2018;(S1):195-196. (In Russ.)
 19. Ulyanov EV, Vlasova AYU, Melnikov VL, Mitrofanova NN. [Analysis of ecological and epidemiological features of purulent-septic infections in surgical departments of multidisciplinary hospitals in the Russian Federation.] *Vestnik Penzenskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2021;(3(35)):37-42. (In Russ.)
 20. Stavchikov EL, Fedzianin SD, Zinovkin IV, Marochkov AV, Stavchikova MA. Etiology and antibiotic resistance of microflora in patients with purulent wounds. *Zhurnal Grodnenskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2025;23(3):254-260. (In Russ.) doi: 10.25298/2221-8785-2025-23-3-254-260
 21. Yarovoy SK, Voskanian ShL, Tutelyan AV, Gladkova LS. Antibacterial prophylaxis of surgical site infections: An epidemiologist's view. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2020;10(1):21-29. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2020.10.1.21-9
 22. Brouqui P, Boudjema S, Soto Aladro A, et al. New approaches to prevent healthcare-associated infection. *Clin Infect Dis*. 2017;65(suppl_1):S50-S54. doi: 10.1093/cid/cix433
 23. Nabhan AF, Allam NE, Hamed Abdel-Aziz Salama M. Routes of administration of antibiotic prophylaxis for preventing infection after caesarean section. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2016(6):CD011876. doi: 10.1002/14651858.CD011876.pub2
 24. Theuretzbacher U, Gottwalt S, Beyer P, et al. Analysis of the clinical antibacterial and antituberculosis pipeline. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(2):e40-e50. doi: 10.1016/S1473-3099(18)30513-9

Сведения об авторах:

Савельев Станислав Иванович – д.м.н., советник главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»; e-mail: savelev_si@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-9626>.

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

✉ **Ясная** Елена Степановна – к.м.н., заведующий отделом микробиологических лабораторных исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»; e-mail: yasnaya_es@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0352-9538>.

Черняева Елена Владимировна – врач-бактериолог бактериологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»; e-mail: baklab@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3072-4398>.

Христенко Татьяна Арсеньевна – заведующий бактериологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области»; e-mail: baklab@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5899-1535>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Трухина Г.М., Савельев С.И., Ясная Е.С.; сбор данных: Черняева Е.В., анализ и интерпретация результатов: Трухина Г.М., Ясная Е.С.; обзор литературы: Христенко Т.А., подготовка проекта рукописи: Савельев С.И., Ясная Е.С., Черняева Е.В. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 29.09.25 / Принята к публикации: 06.11.25 / Опубликовано: 28.11.25

Author information:

Stanislav I. Savelyev, Dr. Sci. (Med.), Advisor to the Head, Center for Hygiene and Epidemiology in Lipetsk Region, e-mail: savelev_si@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-9626>.

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

✉ Elena S. Yasnaya, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Microbiology Testing, Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region; e-mail: yasnaya_es@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0352-9538>.

Elena V. Chernyaeva, Bacteriologist, Bacteriology Laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region; e-mail: baklab@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3072-4398>.

Tatyana A. Khristenko, Head of the Bacteriology Laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region; e-mail: baklab@cge48.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5899-1535>.

Author contributions: study conception and design: Trukhina G.M., Savelyev S.I., Yasnaya E.S.; data collection: Chernyaeva E.V.; analysis and interpretation of results: Trukhina G.M., Yasnaya E.S.; bibliography compilation and referencing: Khristenko T.A.; draft manuscript preparation: Savelyev S.I., Yasnaya E.S., Chernyaeva E.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 29, 2025 / Accepted: November 6, 2025 / Published: November 28, 2025