



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

№12

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 № 12 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-профилан-
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 – 37иСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 12 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 ЗНиСО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ФЦГиЗ Роспотребнадзора.
При использовании материалов ссылка на журнал ЗНиСО обязательна.

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

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

Издатель:
ФБУЗ 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 22.12.2025
Формат издания 60х84/8
Печ. л. 12,75
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 7–102

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 12, 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 (Scientific Editor) Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation
- Alexey M. Bolshakov Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation
- Nina V. Zaitseva Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation
- Olga Yu. Milushkina Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
- Nikolai V. Rudakov Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of 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
Vasilii 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 Obitalaniya –
ZNiSO

Public Health and Life
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 33, Issue 12 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: December 22, 2025
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 12,75
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitalaniya. 2025;33(12):7–102.

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

- Клейн С.В., Клячин А.А., Камалтдинов М.Р. Комплексный показатель для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия как индикатор потенциальных рисков для здоровья населения 7

СОЦИОЛОГИЯ МЕДИЦИНЫ

- Симанджунтак Р.Р., Картины А., Картасурья М.И., Нурджазули Детерминанты инсулинорезистентности у взрослых индонезийцев, не страдающих диабетом: многомерный анализ факторов метаболизма, питания и образа жизни.....17

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Люпина А.Д., Корчин В.И. Сравнительный анализ химического состава питьевой воды муниципальных центров Тюменской области 26

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- Дубровина Е.А. Эмпирическое изучение учебной активности обучающихся с ограниченными возможностями здоровья 33

ГИГИЕНА ТРУДА

- Бабанов С.А., Лысова М.В., Стрижаков Л.А., Винников Д.В., Мелентьев А.В., Дарюхина Е.А., Бабанов А.С., Кувшинова Н.Ю., Острякова Н.А. Синдром эмоционального выгорания у врачей-специалистов 43

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

- Шахвалиева Э.С.-А., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Зотов В.А., Смирнова Е.А., Тутельян В.А. Структура и наполнение национальных баз данных химического состава продуктов и блюд для эпидемиологических исследований фактического питания населения 52

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

- Панова А.С., Колосова Н.П., Даниленко А.В., Болдырев Н.Д., Шадринова К.Н., Святченко С.В., Моисеева А.А., Даниленко Е.И., Онхонова Г.С., Гончарова Н.И., Брагина М.К., Трегубчак Т.В., Бауэр Т.В., Сивай М.В., Максименко Л.В., Максюткова А.В., Марченко В.Ю. Выявление мутаций D222G/N в случаях с летальным исходом в вирусах гриппа A(H1N1)pdm09, доминировавших в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. в Российской Федерации 61
- Петров И.В., Пяташина М.А., Соколова Н.Г., Петрова Л.В., Альмухаметов А.А., Галиахметов А.И. Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл: этиологическая и эпидемиологическая характеристика 73
- Котова В.О., Базыкина Е.А., Балахонцева Л.А., Троценко О.Е., Семенова Е.В., Вахнина Л.Н., Журавкова О.Л. Эпидемиологические особенности ВИЧ-инфекции и молекулярно-генетическая характеристика ВИЧ-1, циркулирующего на территории Магаданской области 83
- Кузнецова К.Ю., Аляутдина Л.В., Герасимов В.Н., Петрова С.А., Мальцев В.В. Методические подходы к конструированию документируемой области аккредитации испытательных лабораторий паразитологического профиля 94

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

- Kleyn S.V., Klyachin A.A., Kamaltdinov M.R. A comprehensive metric for assessing sanitary and epidemiological well-being as an indicator of potential human health risks 7

MEDICAL SOCIOLOGY

- Simanjuntak R.R., Kartini A., Kartasurya M.I., Nurjazuli. Determinants of insulin resistance among non-diabetic Indonesian adults: A multivariable analysis of metabolic, dietary, and lifestyle factors 17

COMMUNAL HYGIENE

- Minyailo L.A., Korchina T.Ya., Lyupina A.D., Korchin V.I. Comparative analysis of the chemical composition of drinking water in municipalities of the Tyumen Region 26

PEDIATRIC HYGIENE

- Dubrovina E.A. Empirical study of learning activities of students with disabilities 33

OCCUPATIONAL HEALTH

- Babanov S.A., Lysova M.V., Strizhakov L.A., Vinnikov D.V., Melentev A.V., Daryukhina E.A., Babanov A.S., Kuvshinova N.Yu., Ostryakova N.A. Burnout syndrome in specialist doctors 43

NUTRITION HYGIENE

- Shakhvalieva E.S.-A., Keshabyants E.E., Denisova N.N., Zotov V.A., Smirnova E.A., Tutelyan V.A. The structure and content of national food composition databases for population-based nutritional epidemiology studies 52

EPIDEMIOLOGY

- Panova A.S., Kolosova N.P., Danilenko A.V., Boldyrev N.D., Shadrinova K.N., Svyatchenko S.V., Moiseeva A.A., Danilenko E.I., Onkhonova G.S., Goncharova N.I., Bragina M.K., Tregubchak T.V., Bauer T.V., Sivay M.V., Maksimenko L.V., Maksyutova A.V., Marchenko V.Yu. Detection of D222G/N mutations in fatal cases in A(H1N1)pdm09 influenza viruses dominant in the 2024–2025 season in the Russian Federation 61
- Petrov I.V., Patyashina M.A., Sokolova N.G., Petrova L.V., Almuhametov A.A., Galiakhmetov A.I. Detection of nontuberculous mycobacteria in the Republic of Mari El: Etiological and epidemiological characteristics 73
- Kotova V.O., Bazykina E.A., Balakhontseva L.A., Trotsenko O.E., Semenova E.V., Vakhnina L.N., Zhuravkova O.L. Epidemiological features of HIV infection and molecular genetic characteristics of HIV-1 circulating in the Magadan Region 83
- Kuznetsova K.Y., Alyautdina L.V., Gerasimov V.N., Petrova S.A., Maltsev V.V. Methodological approaches to creating a documented scope of accreditation for parasitology laboratories 94



Комплексный показатель для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия как индикатор потенциальных рисков для здоровья населения

С.В. Клейн, А.А. Клячин, М.Р. Камалтдинов

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

Резюме

Введение. Традиционные подходы оценки санитарно-эпидемиологического состояния, основанные на дискретном анализе разнородных факторов среды обитания, в недостаточной мере учитывают комплексный характер их воздействия в условиях неопределенности данных, вариабельности и комбинированного влияния. Это закономерно создает системное ограничение, снижающее точность прогнозирования рисков для здоровья населения, эффективность и результативность профилактических мер санитарно-эпидемиологического характера. Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования инструментов оценки санитарно-эпидемиологического благополучия в условиях динамических изменений экономических и социально-демографических факторов.

Цель исследования: разработка методики комплексной оценки потенциального риска здоровью населения на основе интеграции гетерогенных данных о качестве среды обитания, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие, с применением аппарата теории нечетких множеств.

Материалы и методы. Использованы методы системного и гигиенического анализа, математического моделирования (теория нечетких множеств), концепция оценки риска здоровью. Выполнен ретроспективный анализ данных официальной ведомственной статистики Роспотребнадзора: 65 критериальных показателей, характеризующих санитарно-эпидемиологическое состояние основных сред (атмосферный воздух, питьевая вода, почва, условия труда и др.) за 2014–2023 гг.

Результаты. Разработаны методические подходы к расчету комплексного показателя совокупного потенциального риска (R) здоровью в результате нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия, позволяющего классифицировать территории по пяти категориям: от пренебрежимо малого до очень высокого риска. Применение теории нечетких множеств обеспечило формализацию и учет неопределенности данных и вариабельности факторов, достоверность и репрезентативность оценки. Апробация методики на примере трех регионов (Тамбовская область ($R = 0,34$), Красноярский ($R = 0,57$), Пермский ($R = 0,43$) края) подтвердила согласованность расчетных данных с фактическим уровнем загрязнения среды, что подтверждает надежность методики.

Заключение. Разработанная методология представляет собой новый этап развития традиционного гигиенического мониторинга, обеспечивая его трансформацию в прогностическую систему с возможностью адаптации к динамическим изменениям факторов среды обитания и превентивному управлению рисками.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологическое благополучие, гигиенический анализ, комплексный показатель, теория нечетких множеств, среда обитания, оценка риска здоровью, здоровье населения, классификация рисков.

Для цитирования: Клейн С.В., Клячин А.А., Камалтдинов М.Р. Комплексный показатель для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия как индикатор потенциальных рисков для здоровья населения // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-7-16

A Comprehensive Metric for Assessing Sanitary and Epidemiological Well-Being as an Indicator of Potential Human Health Risks

Svetlana V. Kleyn, Aleksei A. Klyachin, Marat R. Kamaltdinov

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

Summary

Introduction: Conventional approaches to assessing the sanitary and epidemiological status based on discrete analysis of heterogeneous environmental factors fail to fully consider a complex nature of their impact given uncertainty of available data, variability, and combined exposures. This logically creates a systemic limitation that reduces the accuracy of predicting human health risks as well as effectiveness and efficiency of preventive measures. The relevance of the study is attributed to the necessity of improving instruments for assessing sanitary and epidemiological well-being under dynamic changes in economic and sociodemographic factors.

Objective: To develop a methodology for a comprehensive assessment of potential human health risks based on integrated heterogeneous environmental health data using the apparatus of fuzzy set theory.

Materials and Methods: Within this study, we performed systemic and hygienic analyses, employed mathematical modeling (the fuzzy set theory) and health risk assessment. We conducted a retrospective study of data retrieved from Rospotrebnadzor's official reports covering 65 benchmark indicators describing quality and safety of environmental media (ambient air, drinking water, and soils), occupational conditions, etc., for 2014–2023.

Results: We developed methodical approaches to calculating a comprehensive metric of total potential health risk (R) from violations of sanitary and epidemiological well-being, which allow grouping of areas by five risk categories, from negligible to very high. Application of the fuzzy set theory made it possible to formalize and consider data uncertainty and variability of factors and ensured reliable and representative assessment. Methodology testing in three Russian regions (Tambov Region ($R = 0.34$), Krasnoyarsk Krai ($R = 0.57$), and Perm Krai ($R = 0.43$)) proved the consistency of estimates with observed levels of environmental pollution, thus confirming its validity.

Conclusions: The developed methodology is a new stage in updating the conventional hygienic monitoring ensuring its transformation into a prognostic system able to adapt to dynamic changes in environmental factors and preventive risk management.

Keywords: sanitary and epidemiological well-being, hygienic analysis, comprehensive metric, fuzzy set theory, environment, health risk assessment, human health, risk classification.

Cite as: Kleyn SV, Klyachin AA, Kamaltdinov MR. A comprehensive metric for assessing sanitary and epidemiological well-being as an indicator of potential human health risks. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):7–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-7-16

Введение. Благополучие и здоровье населения напрямую зависят от санитарно-эпидемиологического состояния территории проживания, которое сталкивается с новыми вызовами: изменением климата, урбанизацией и глобальными, в том числе биологическими, угрозами. Решение этих задач – важное условие для обеспечения устойчивого развития страны [1]. Для защиты здоровья населения недостаточно только внедрение мер профилактики – необходим анализ их реализации, оценка их достаточности и того, насколько они эффективны на практике. Однако существующие традиционные подходы к оценке эффективности мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия зачастую сталкиваются с рядом ограничений, включая недостаточный учет комплексности влияния факторов среды обитания на здоровье, долгосрочные последствия, отсутствие унифицированных критериев их оценки [2–4].

В этой связи формирование научно-методической платформы, ориентированной на системный анализ гигиенических условий и факторов, влияющих на здоровье, приобретает первостепенное значение. Методология теории нечетких множеств находит широкое применение в отечественных гигиенических исследованиях, в частности, при комплексной оценке эффективности митигации вреда здоровью при планировании воздухоохраных мероприятий¹; оценке воздействия объектов накопленного вреда на окружающую среду и здоровье граждан по критериям риска² (ОВОС); анализе мероприятий по повышению качества питьевой воды³, что подтверждает ее эффективность для работы с неопределенностью и разнородными данными [5–7].

Полноценные гигиенические исследования должны включать не только выявление загрязняющих веществ и определение их концентраций, но и оценку их воздействия на здоровье населения, с анализом патогенетических механизмов формирования нарушений здоровья. Перспективным направлением является реализация комплексных исследований, включающих углубленное изучение состояния объектов среды обитания, уровень осведомленности населения о рисках и мерах профилактики, а также мониторинг динамики дополнительных, ассоциированных с влиянием этих факторов, нарушений здоровья [8].

Цель исследования: разработка методики комплексной оценки потенциального риска здоровью населения на основе интеграции гетерогенных данных о качестве среды обитания, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие на популяционном уровне, с применением аппарата теории нечетких множеств.

Разрабатываемые методы оценки потенциального риска основываются на научно обоснованных принципах и подходах, учитывающих многофак-

торный характер влияния условий среды обитания на состояние здоровья человека. Конечной целью исследования является практическое применение разработанной методики для оценки комплексного влияния качества среды обитания на формирование совокупного потенциального риска здоровью населения, и последующим анализом полученных результатов для совершенствования риск-ориентированной модели системы санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) с возможностью стратификации территорий по уровню и структуре формируемого риска здоровью, обоснования адресных управленческих решений, направленных на снижение рисков здоровью населения и профилактики заболеваний, ассоциированных с неблагоприятным комплексным воздействием факторов среды обитания.

Материалы и методы. Комплексная нагрузка на здоровье человека, обусловленная факторами среды обитания, формируется в результате воздействия многокомпонентных показателей, характеризующих степень и интенсивность воздействия различных факторов среды обитания на организм. К основным факторам, формирующим комплексную нагрузку, относятся химическое, физическое и биологическое загрязнение воздушной среды, питьевой воды, почвенного покрова, а также продовольственных и непродовольственных товаров. Количественная оценка степени воздействия каждого из указанных факторов осуществлялась посредством анализа многопозиционных показателей, совокупность которых формирует интегральную характеристику комплексной нагрузки среды обитания на здоровье человека, позволяющую адекватно оценить потенциальные риски для здоровья населения.

В основу исследования положены данные федерального фонда государственной статистики; формы федерального статистического наблюдения (Форма № 18 Роспотребнадзора), включающие 65 критериальных показателей, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие. Отбор параметров осуществлялся с учетом принципа минимизации дублирования информации и охватывал следующие группы:

- 4 параметра состояния атмосферного воздуха (доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в городских поселениях (%); доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в сельских поселениях (%) и пр.);

- 16 параметров безопасности питьевого водоснабжения (доля проб воды в источниках централизованного водоснабжения; доля проб воды из распределительной сети, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям (%); аналогичные показатели по микробиологическим; паразитологическим параметрам; доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой в городских поселениях (%) и пр.);

¹ МУ 2.1.10.3675–20 Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения: Методические указания. М., 2020. 64 с.

² Методика осуществления оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на жизнь и здоровье граждан. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 57 с.

³ Комплексная оценка эффективности мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения: Методические рекомендации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 40 с.

– 6 параметров санитарно-эпидемиологического состояния продовольственного сырья, пищевых продуктов и непродовольственных товаров (доля проб продуктов и продовольственного сырья, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям (%); аналогичные показатели по микробиологическим; паразитологическим параметрам, содержанию антибиотиков и пр.);

– 3 параметра безопасности почвы населенных мест (доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (%); аналогичные показатели по микробиологическим; паразитологическим параметрам);

– 9 параметров условий труда (доля рабочих мест, не соответствующих санитарным нормам на промышленных предприятиях по шуму (%); аналогичные показатели по вибрации (%); ионизирующим излучениям (%), микроклимату (%), электромагнитным полям (%) и пр.);

– 14 параметров по физическим факторам среды обитания человека (доля уровня шума, не соответствующего гигиеническим нормативам на территории жилой застройки (%); доля уровня электромагнитных излучений, не соответствующих санитарным нормам на территории жилой застройки (%) и пр.);

– 13 параметров, описывающих иные факторы среды обитания человека (доля проб воздуха, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по микробиологическим показателям (перинатальные центры), доля проб воздуха, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по микробиологическим показателям хирургические (стационары (отделения)), доля персонала, выделяющего стафилококк (в родовспомогательных учреждениях) удельный вес общей площади, оборудованной канализацией, в общей площади всего жилищного фонда (%) и пр.

Использование «селекции» параметров обеспечило репрезентативность, объективность и комплексность санитарно-эпидемиологической характеристики территории, основанной на оценке различных аспектов среды обитания населения.

Данные о заболеваемости населения Российской Федерации, ассоциированной с факторами среды обитания, получены в рамках специального исследования по моделированию причинно-следственных связей, выполненного на основе изучения закономерностей формирования нарушений здоровья, обусловленных санитарно-эпидемиологической ситуацией в регионах РФ, в соответствии с методологией, изложенной в МР 5.1.0095–14⁴, за период 2010–2024 гг. (всего получено более 135 множественных регрессионных моделей). Использование расчетных данных о заболеваемости, ассоциированной с исследуемыми параметрами среды обитания, позволило увеличить точность и достоверность оценки совокупного потенциального риска для здоровья населения. Критерием тяжести нарушений здоровья служили

данные о средневзвешенной тяжести заболеваний, ассоциированных с изучаемыми факторами [9].

В ходе работы использованы санитарно-эпидемиологические, статистические методы исследования, методы гигиенического и системного анализа, математический анализ с использованием теории нечетких множеств, методология оценки риска здоровью населения.

Результаты. Комплексную оценку совокупного потенциального риска здоровью населения при комплексном и/или комбинированном воздействии факторов среды обитания проводили на основе гигиенического анализа с использованием алгоритмов теории нечетких множеств. Данный методологический подход обеспечил возможность формализации многокритериальной задачи оценки полиморфных негативных ответов со стороны критических органов и систем-мишеней, формирующихся при многокомпонентном негативном воздействии. Применение математического аппарата теории нечетких множеств позволило учесть неопределенности, связанные со стохастической вариабельностью и неполнотой исходных данных, гетерогенностью информационных массивов, а также субъективной компонентой экспертных оценок [10].

Для количественной оценки показателей среды обитания человека, формирующих санитарно-эпидемиологическое состояние территории, введены диапазоны значений риска с нечеткими границами. Каждому показателю присвоен индивидуальный диапазон с уникальными значениями границ риска, что обеспечивает дифференцированный подход к оценке. Фрагмент системы шкалирования параметров среды обитания с дифференциацией по уровням потенциального риска для здоровья приведен в таблице 1.

Для каждого фактора среды обитания, влияющего на санитарно-эпидемиологическое благополучие и потенциальный риск для здоровья населения, установлен дифференцированный атрибутивный диапазон значений, представляющий собой трапециевидное нечеткое число. Данное нечеткое число характеризуется функцией принадлежности, определяющей степень соответствия конкретного значения фактора определенному интервалу шкалы риска, что позволило классифицировать уровень опасности воздействия фактора для здоровья человека.

В процессе анализа фактические значения каждого показателя сопоставлялись с градуированными диапазонами значений, соответствующими различным уровням риска для здоровья согласно унифицированной шкале.

Функция принадлежности $\mu(x)$ определялась как:

- $\mu(x) = 0$ для $x < a_1$ и $x > a_4$
- $\mu(x) = (x - a_1)/(a_2 - a_1)$ для $a_1 \leq x < a_2$
- $\mu(x) = 1$ для $a_2 \leq x \leq a_3$
- $\mu(x) = (x - a_4)/(a_3 - a_4)$ для $a_3 < x \leq a_4$

(1)

где x – значение показателя, a_1, a_2, a_3, a_4 – «размытые» значения границ (таблица 1), при этом

⁴ МР 5.1.0095–14 Расчет фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания. Москва: Роспотребнадзор, 2015. 59 с.

Таблица 1. Выкопировка из классификационной матрицы градации показателей качества среды обитания по категориям риска для здоровья**Table 1. Extract from the matrix of gradation of environmental quality indicators by health risk categories**

Показатель шкалы / Scale indicator	Категории риска здоровью / Health risk categories				
	Пренебрежимо малый / Negligible	Низкий / Low	Средний / Moderate	Высокий / High	Очень высокий / Very high
Атмосферный воздух / Ambient air					
Доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в городских поселениях, % / Proportion of non-compliant ambient air samples in urban settlements, %	[0]	(0; 0,5]	(0,5; 1,2]	(1,2; 5,0]	(> 5,0)
Доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в сельских поселениях, % / Proportion of non-compliant ambient air samples in rural settlements, %					
Питьевая вода / Drinking water					
Доля проб воды в источниках централизованного водоснабжения, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям, % / Proportion of non-compliant water samples from centralized water supply sources (chemistry), %	[0]	(0; 5,0]	(5,0; 15,0]	(15,0; 30,0]	(> 30,0)
Доля водопроводов, не отвечающих санитарным нормам и правилам по санитарно-химическим показателям, % / Proportion of non-compliant water pipes (chemistry), %	[0]	(0; 5,0]	(5,0; 15,0]	(15,0; 23,0]	(> 23,0)
Доля проб воды из распределительной сети, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям, % / Proportion of non-compliant tap water samples (chemistry), %	[0]	(0; 8,0]	(8,0; 12,0]	(12,0; 20,0]	(> 20,0)
Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой в городских поселениях, % / Proportion of the urban population provided with high-quality drinking water, %	(≤ 95)	[95,0; 90,0]	[90,0; 79,0]	[79,0; 67,0]	(> 67,0)
Показатели, характеризующие санитарно-эпидемиологическое состояние продовольственного сырья, продуктов питания и непродовольственных товаров / Indicators characterizing quality and safety of food raw materials, foodstuffs and non-food products					
Доля проб продуктов и продовольственного сырья, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям, % / Proportion of non-compliant food and food raw samples (chemistry), %	(< 0,1]	(0,1; 0,35]	(0,35; 0,6]	(0,6; 2,0]	(> 2,0)

α_1, α_2 определяют нижнюю границу диапазона, а α_3, α_4 – верхнюю, в данной работе использовано размытие границы на $\pm 20\%$, что позволяет учитывать неопределенность в оценках риска и приводит к частичному пересечению значений соседних диапазонов шкалы.

В процессе анализа фактические значения каждого показателя сопоставлялись с градуированными диапазонами значений, соответствующими различным уровням риска для здоровья согласно унифицированной шкале. Это позволило точнее и реалистичнее оценить степень принадлежности значения показателя к определенной категории риска, учитывая возможные погрешности измерений и естественную вариабельность факторов среды обитания.

Определение доли показателя, относящегося к определенной категории потенциального риска, от общего количества параметров в группе выполнялось по формуле:

$$W_{ki} = G_i \times \mu_{ki}, \quad (2)$$

где W_{ki} – доля i -го показателя, относящегося к определенной, k -й категории потенциального риска, от общего количества показателей в группе; G_i – вес i -го параметра, участвующего в формировании совокупного негативного ответа в виде нарушения здоровья; μ_{ki} – значение функции принадлежности i -го показателя качества объектов среды обитания, формирующих санитарно-эпидемиологическое благополучие k -му шкалированному диапазону риска и его ранту.

Весовой коэффициент i -го параметра, участвующего в формировании совокупного негативного ответа в виде нарушения здоровья, определялся по формуле:

$$G_i = \frac{\sum_l (G_{il} \times S_{il})}{\sum_l S_{il}}, \quad (3)$$

где S_{il} – заболеваемость, ассоциированная с влиянием i -го фактора среды обитания по l -й нозологической группе; G_i – тяжесть заболеваний в соответствии с установленными коэффициентами.

Расчет потенциального риска здоровью от каждого параметра в группе, относящегося к определенной категории риска, от общего количества параметров в группе осуществлялся по формуле:

$$R_i = \sum_k W_{ki} \times \bar{R}_k, \quad (4)$$

где R_i – величина потенциального риска здоровью от i -го параметра в группе; $\bar{R}_k$ – вес категории потенциального риска (таблица 2).

Диапазон шкалы потенциального риска, соответствующий степеням опасности, и их среднее значения приведены в таблице 2.

Расчет величины риска для каждой группы параметров с учетом их долевого вклада в формирование всех видов негативного ответа осуществлялся по формуле:

$$R_j = \sum_i (R_i \times H_i), \quad (5)$$

где R_j – величина потенциального риска здоровью от j -й группы параметров; R_i – величина потенциального риска здоровью от i -го параметра в группе; H_i – весовой вклад i -го параметра группы.

Для количественной оценки степени влияния показателей качества объектов среды обитания, систематизированных в рамках семи основных групп, на потенциальный риск нарушения здоровья населения использовалась система специализированных шкал. Данные шкалы позволили градирировать уровень потенциального риска с учетом весовых коэффициентов H_i , которые определены методом экспертных оценок и отражают вклад отдельных показателей и соответствующей группы в целом (компонентные риски показателей и категории) в совокупный потенциальный риск здоровью населения.

Совокупный потенциальный риск здоровью (R) представляет собой основной количественный параметр, применяемый в целях категорирования и ранжирования исследуемой территории. Данная величина рассчитывалась посредством суммирования произведений компонентных потенциальных рисков, идентифицированных в рамках каждой группы показателей, на соответствующие им весовые коэффициенты, отражающие вклад отдельных компонентов в потенциальную тяжесть нарушений здоровья, реализующихся на уровне критических органов и систем организма.

Совокупный потенциальный риск здоровью (R) по всем группам параметров рассчитывают по формуле:

$$R = \sum_j R_j \times V_j, \quad (6)$$

где R_j – значение величины потенциального риска для j -й группы параметров с учетом их долевого вклада в формирование всех видов негативного ответа; V_j – весовой вклад j -й группы в совокупный потенциальный риск.

Весовой вклад группы показателей (V), характеризующих качество объектов среды обитания, формирующих санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, в совокупный потенциальный риск здоровью, определяется в соответствии с таблицей 3.

Оценку совокупного потенциального риска (R) и категорирование территорий по всем группам параметров проводили на основании определения значения функции принадлежности величины риска ($\mu(R)$) к диапазонам значений шкалы в таблице 4.

Таблица 2. Диапазон шкалы категорий потенциального риска здоровью

Table 2. Range of the scale of potential health risk categories

Показатель шкалы / Scale indicator	Категории потенциального риска здоровью / Potential health risk categories				
	Пренебрежимо малый / Negligible	Низкий / Low	Средний / Moderate	Высокий / High	Очень высокий / Very high
Диапазон / Range	[0; 0,25]	[0,15; 0,45]	[0,35; 0,65]	[0,55; 0,85]	[0,75; 1,0]
Среднее значение по диапазону (R_k) / Range mean (R_k)	0,125	0,3	0,5	0,7	0,875

Таблица 3. Весовой вклад показателей качества объектов среды обитания, формирующих санитарно-эпидемиологическое благополучие

Table 3. Weight contribution of environmental quality indicators that determine sanitary and epidemiological well-being

Показатели / Indicators	Весовой вклад, V / Weight contribution, V
Атмосферный воздух / Ambient air	0,2
Питьевая вода / Drinking water	0,2
Санитарно-эпидемиологическое состояние продовольственного сырья, продуктов питания и непродовольственных товаров / Quality and safety of food raw materials, foodstuffs and non-food products	0,15
Санитарно-эпидемиологическая безопасность почвы населенных мест / Quality and safety of soil in populated areas	0,1
Физические факторы среды обитания / Physical environmental factors	0,1
Показатели условий труда / Occupational factors	0,15
Иные факторы, характеризующие среду обитания человека / Other factors characterizing the human environment	0,1

Территории присваивалась категория, соответствующая максимальному значению функции принадлежности: пренебрежимо малый, низкий, средний, высокий и очень высокий риск здоровью населения.

Расчет единого комплексного показателя (R) позволяет провести скрининговую оценку территории и выявить основные источники опасности для здоровья населения. Результаты такого исследования дают четкую картину: определяют наиболее значимые факторы риска, позволяют категоризовать и ранжировать территории по уровню опасности и выделять приоритетные объекты для контроля, мониторинга планирования и реализации мероприятий по критериям воздействия на население.

Для верификации предложенного методологического подхода осуществлена его многоуровневая апробация на трех модельных территориях, репрезентативно отражающих различные аспекты санитарно-эпидемиологического состояния территорий: Тамбовская область (966,25 тыс. чел., Центральный ФО), Красноярский край (2 845,55 тыс. чел., Сибирский ФО) и Пермский край (2 508,35 тыс. чел., Приволжский ФО).

В ходе апробации разработанного методического подхода, предусматривающего системный анализ и расчет комплексного показателя совокупного потенциального риска для здоровья населения, обусловленного нарушениями санитарно-эпидемиологического благополучия, установлена существенная региональная дифференциация. Для Тамбовской области расчетная величина совокупного потенциального риска составила $R = 0,34$, что соответствует низкому уровню согласно принятой классификации и свидетельствует об эффективности существующей системы управления факторами среды обитания и низкой вероятности реализации медико-демографических последствий.

Наибольшее значение зафиксировано в Красноярском крае ($R = 0,57$), что классифицируется как

высокий уровень риска и указывает на существенную вероятность негативного влияния на здоровье населения, требующего разработки и реализации целевых профилактических мероприятий, что и реализуется в настоящее время в рамках реализации национальных и федеральных проектов, региональных программ развития территории.

В Пермском крае установленный уровень ($R = 0,43$) отражает среднюю категорию риска и предполагает значительную вероятность развития неблагоприятных эффектов для здоровья и обуславливает необходимость регулярного мониторинга приоритетных санитарно-эпидемиологических показателей, усиления превентивных мероприятий, а также реализации адресных мероприятий по минимизации риска. В частности, в Пермском крае структура вклада отдельных компонентов среды обитания в совокупный потенциальный риск здоровью отражает доминирование факторов питьевой воды (18,5 %) и условий труда (17,3 %). Значительный вклад продовольственного сырья, продуктов питания и непродовольственных товаров (15,8 %) подтверждает актуальность задач обеспечения продовольственной безопасности и требует внимания со стороны системы надзора за безопасностью как пищевой продукции, так и непродовольственных товаров. Относительно низкий вклад атмосферного воздуха (8,17 %), вероятно, обусловлен эффективностью действующих воздухоохраных мероприятий в промышленных центрах исследуемых регионов. Вклад физических факторов среды обитания в структуру совокупного потенциального риска здоровью составил 11,8 %, группы «иные факторы среды обитания» – 14,8%.

Обсуждение. Современные вызовы и тенденции к решению задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия на всех уровнях государственного управления требуют преобразования систем гигиенического мониторинга – от констатирующего наблюдения к комплексной оценке

Таблица 4. Шкала диапазонов значений, рангов и категорий совокупного потенциального риска здоровью при воздействии факторов среды обитания, формирующих санитарно-эпидемиологическое благополучие

Table 4. Scale of ranges of values, ranks and categories of total potential health risks posed by exposure to environmental factors that determine sanitary and epidemiological well-being

Категория и ранг риска здоровью (R) / Health risk category and rank		Функция принадлежности величины риска к диапазонам значений шкалы / Function of the risk value belonging to the ranges of the scale values		Диапазон значений риска здоровью / Range of health risk values
Пренебрежимо малый / Negligible	1	$\mu_1(R) = \begin{cases} 1, & \text{если / if } 0 \leq R \leq 0,15 \\ 10(0,25 - R), & 0,15 \leq R \leq 0,25 \end{cases}$		[0; 0,25]
Низкий / Low	2	$\mu_2(R) = \begin{cases} 1 - 10(0,25 - R), & \text{если / if } 0,15 \leq R \leq 0,25 \\ 1, & 0,25 \leq R \leq 0,35 \\ 10(0,45 - R), & 0,35 \leq R \leq 0,45 \end{cases}$		[0,15; 0,45]
Средний / Moderate	3	$\mu_3(R) = \begin{cases} 1 - 10(0,45 - R), & \text{если / if } 0,35 \leq R \leq 0,45 \\ 1, & 0,45 \leq R \leq 0,55 \\ 10(0,65 - R), & 0,55 \leq R \leq 0,65 \end{cases}$		[0,35; 0,65]
Высокий / High	4	$\mu_4(R) = \begin{cases} 1 - 10(0,65 - R), & \text{если / if } 0,55 \leq R \leq 0,65 \\ 1, & 0,65 \leq R \leq 0,75 \\ 10(0,85 - R), & 0,75 \leq R \leq 0,85 \end{cases}$		[0,55; 0,85]
Очень высокий / Very high	5	$\mu_5(R) = \begin{cases} 1 - 10(0,85 - R), & \text{если / if } 0,75 \leq R \leq 0,85 \\ 1, & 0,85 \leq R \leq 1 \end{cases}$		[0,75; 1,0]

воздействия факторов среды обитания на человека [1]. В этом аспекте особое место приобретают методы оценки рисков, позволяющие не только определять последствия воздействия факторов среды обитания, но и прогнозировать развитие различных нарушений здоровья [11].

Анализ современных релевантных научных исследований выявил наличие устойчивых закономерностей влияния факторов среды обитания на организм человека с учетом их иррегулярности, нелинейности, специфичности воздействия, характера изменений, а также индивидуальной чувствительности организма [12–16]. Особую значимость приобретают исследования, фокусирующиеся на популяционных эффектах комбинированного воздействия факторов, где синергетические взаимодействия могут потенцировать негативные последствия [17–22]. Дальнейшее развитие данного направления находит свое продолжение в активном изучении этого взаимодействия на популяционном уровне [17–22].

Актуальной междисциплинарной тенденцией является разработка интегральных индикаторов для оценки сложных мультифакториальных систем. Так, используя инновационные способы обработки и анализа данных, в настоящее время подобные методики, успешно апробированные в высокотехнологичных областях (от ракетно-космической отрасли [23] до системы финансовых услуг [24]), демонстрируют эффективность при решении задач оптимизации управления в условиях неопределенности. Внедрение подобных приемов в практику санитарно-эпидемиологической службы позволит реализовать принципы процессно-ориентированного управления; визуализировать многомерные данные в интерпретируемой форме; значительно ускорить процесс принятия управленческих решений; увеличит доступность и наглядность результатов деятельности службы; будет способствовать рациональному и адресному распределению ресурсов, что в конечном итоге отразится на снижении негативного влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения [25].

Полученные в ходе исследования результаты подтверждают исходную гипотезу что интегральная оценка параметров санитарно-эпидемиологического благополучия на основе многокритериального подхода позволяет выявлять территориальные различия в уровне совокупного потенциального риска для здоровья населения. Разработанная методика комплексной оценки детерминирующих санитарно-эпидемиологическое благополучие параметров с использованием теории нечетких множеств продемонстрировала согласованность с региональными эпидемиологическими данными. Так, например, присвоение Красноярскому краю категории высокого потенциального риска ($R = 0,57$) объективно отражает интенсивность кумулятивной антропогенной нагрузки, характерной для этого промышленно развитого региона. Выявленная взаимосвязь между расчетным значением комплексного показателя и фактическим уровнем загрязнения окружающей среды свидетельствует

о чувствительности и специфичности предложенной методики.

Основное ограничение исследования связано с зависимостью точности расчета показателя совокупного потенциального риска от полноты и репрезентативности исходных данных. Несмотря на учет 65 показателей, некоторые редкие их комбинации или локальные (региональные) особенности могут быть недооценены, кроме того, метод требует адаптации к уровню экономического развития и демографическим условиям в отдельно взятом регионе. Однако универсальность алгоритма, подтвержденная апробацией в трех федеральных округах, позволяет экстраполировать его использование на другие территории при условии стандартизации и достаточности исходных данных.

Предложенная методология способствует трансформации традиционного гигиенического мониторинга в прогностическую систему, способную адаптироваться к динамичной переменчивости факторов среды обитания и антропогенным вызовам путем формализации неопределенностей, учета синергических эффектов с помощью инструментария нечетких множеств и создания предиктивной модели алгоритмического расчета комплексного показателя для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия, который может служить основой для разработки сценарных прогнозов и превентивного планирования контрольно-надзорных мероприятий.

Заключение. В результате проведенного исследования разработан методологический подход к интегральной оценке совокупного потенциального риска здоровью населения, формируемого комплексным воздействием факторов среды обитания, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие территории. Разработанный алгоритм расчета комплексного показателя позволяет осуществлять скрининговый анализ санитарно-эпидемиологической ситуации, идентифицировать приоритетные факторы риска и научно обосновывать превентивные мероприятия.

Важным преимуществом методики является возможность сравнительного анализа территорий с верификацией зон повышенного риска, что создает научную основу совершенствования социально-гигиенического мониторинга и адресного планирования управленческих решений для задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Кроме того, базовым аспектом методологии выступает учет территориальной специфики и наблюдаемых медико-демографических трендов, обеспечивающих соответствие современным требованиям государственной политики в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

Результаты апробации подтверждают эффективность предложенных научных подходов для скрининговой оценки потенциальных рисков, их адаптивность к различным уровням административно-территориального деления Российской Федерации (федеральный, региональный, муниципальный) и соответствию современным требованиям риск-ориентированного надзора.

Перспективы развития методики связаны с ее совершенствованием по мере накопления данных и внедрения передовых аналитических подходов. Реализация предложенных решений в практике санитарно-эпидемиологического надзора позволит существенно повысить эффективность управления рисками для здоровья населения и оптимизировать процесс принятия управленческих решений в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Романов С.В., Диконская О.В. 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. С. 4-12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
2. 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
3. Макоева Ф.К. Гигиеническая оценка комплексного влияния экологических факторов на состояние здоровья населения // *Профилактическая и клиническая медицина*. 2022. № 1. С. 5-10. doi: 10.47843/2074-9120_2022_1_5
4. Кислицына В.В., Суржигов Д.В., Ликонцева Ю.С., Штайгер В.А. Динамика показателей риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха промышленного центра // *Гигиена и санитария*. 2024. Т. 103. № 4. С. 358-364. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-4-358-364
5. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Май И.В., Алексеев В.Б., Трусов П.В., Хрущева Е.В. и др. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохранных мероприятий // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 1. С. 25-37. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.03
6. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Гуськов А.С., Колесникова Н.И., Максимова Е.В. Методические подходы и некоторые результаты оценки объектов накопленного вреда окружающей среды по критериям риска для здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2023. Т. 102. № 5. С. 523-531. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-523-531
7. Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Некоторые методические подходы к оценке риска здоровью, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 1. С. 45-52. doi: 10.35627/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
8. Клейн С.В., Зайцева Н.В., Май И.В., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю., Горяев Д.В. и др. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач социально-гигиенического мониторинга: практический опыт реализации мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 11. С. 1196-1202. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
9. 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. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2024. 738 с.
10. Звягин Л.С. Теория нечетких множеств как инструмент современных прикладных решений // *Мягкие измерения и вычисления*. 2024. Т. 75. № 2-1. С. 31-45. doi: 10.36871/2618-9976.2024.02.004
11. Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. № 1. С. 4-15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
12. Huang W, Xu H, Wu J, Ren M, Ke Y, Qiao J. Toward cleaner air and better health: Current state, challenges, and priorities. *Science*. 2024;385(6707):386-390. doi: 10.1126/science.adp7832
13. Smalling KL, Romanok KM, Bradley PM, et al. Mixed contaminant exposure in tapwater and the potential implications for human-health in disadvantaged communities in California. *Water Res*. 2024;267:122485. doi: 10.1016/j.watres.2024.122485
14. Носкова Т.В., Грибанова О.Г. Оценка влияния взвешенных веществ и формальдегида в атмосферном воздухе на здоровье населения // *Гигиена и санитария*. 2024. Т. 103. № 6. С. 616-623. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-6-616-623
15. Максимов С.А., Шальнова С.А., Драпкина О.М. Обоснование и разработка региональных индексов, определяющих здоровье населения Российской Федерации в 2005-2022 гг. // *Профилактическая медицина*. 2025. Т. 28. № 2. С. 7-12. doi: 10.17116/profmed2025280217
16. Ильина Л.А., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А. Б., Каримова Л.К., Зайдуллин И. И., Маврина Л.Н. и др. Комплексный анализ социально-экономических и медико-демографических показателей отдельных регионов Приволжского федерального округа по данным социально-гигиенического мониторинга // *Медицина труда и экология человека*. 2025. № 2(42). С. 6-26. doi: 10.24412/2411-3794-2025-10201
17. Dhimal M, Neupane T, Lamichhane Dhimal M. Understanding linkages between environmental risk factors and noncommunicable diseases – A review. *FASEB Bioadv*. 2021;3(5):287-294. doi: 10.1096/fba.2020-00119
18. Wang M, Kim RY, Kohonen-Corish MRJ, Chen H, Donovan C, Oliver BG. Particulate matter air pollution as a cause of lung cancer: Epidemiological and experimental evidence. *Br J Cancer*. 2025;132(11):986-996. doi: 10.1038/s41416-025-02999-2
19. Захарова Е.Н., Леонтьева А.В., Ордынская М.Е. Социально-демографические аспекты управления качеством жизни населения // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2024. Т. 32. № S1. С. 601-607. doi: 10.32687/0869-866X-2024-32-s1-601-607
20. Шур П.З., Хасанова А.А., Цинкер М.Ю., Зайцева Н.В. Методические подходы к оценке риска здоровью населения в условиях сочетанного воздействия климатических факторов и обусловленного ими химического загрязнения атмосферы // *Анализ риска здоровью*. 2023. № 2. С. 58-68. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.05
21. Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ //

- Анализ риска здоровью. 2023. № 4. С. 33–41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03
22. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 23–29. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.03
 23. Кемайкин В.К., Кожухин И.В. Формирование барьера безопасности на космическом аппарате при угрозе воздействия космического мусора методами нечеткой логики // Программные продукты и системы. 2019. № 1. С. 124–129. doi: 10.15827/0236-235X.125.124-129
 24. Павлова С.А. Моделирование финансовой устойчивости предприятий с применением теорий нечеткой логики и нейронных сетей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 2-2. С. 85–88. doi: 10.37882/2223-2966.2022.02.27
 25. 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
- ### REFERENCES
1. Popova AYU, Kuz'min SV, Gurchik 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
 2. 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
 3. Makeeva FK. Hygienic assessment of complex impact of environmental factors on population health. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2022;(1(82)):5-10. (In Russ.) doi: 10.47843/2074-9120_2022_1_5
 4. Kislitsyna VV, Surzhikov DV, Likontseva YuS, Shtaiger VA. Trend in indices of public health risk caused by air pollution in an industrial center. *Gigiena i Sanitariya*. 2024;103(4):358-364. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-4-358-364
 5. Zaitseva NV, Zemlyanova MA, May IV, *et al.* Efficiency of health risk mitigation: Complex assessment based on fuzzy sets theory and applied in planning activities aimed at ambient air protection. *Health Risk Analysis*. 2020;(1):25-37. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.03.eng
 6. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Guskov AA, Kolesnikova NI, Maksimova EV. Methodological approaches and some results of the assessment of objects of accumulated environmental damage according to public health risk criteria. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(5):523-531. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-523-531
 7. Bogdanova VD, Alenitskaya MV, Sakharova OB. Some methodological approaches to assessing health risks related to potable water quality in centralized water supply systems. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(1):45-52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
 8. Kleyn SV, Zaitseva NV, May IV, *et al.* Working out ambient air quality measuring programs for socio-hygienic monitoring: Practical experience of Federal project "Clean Air" activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(11):1196-1202. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
 9. Onishchenko GG, Zaitseva NV, Popova AYU, *et al.* [Health Risk Analysis in the Strategy of State Socio-Economic Development: Monograph: in 2 vols.] Onishchenko GG, Zaitseva NV, eds. 2nd ed. Perm: Izd-vo Perm. nats. issled. politekh. un-ta; 2024. (In Russ.)
 10. Zvyagin LS. Fuzzy set theory as a tool for modern applied solutions. *Myagkie Izmereniya i Vychisleniya*. 2024;75(2-1):31-45. (In Russ.) doi: 10.36871/2618-9976.2024.02.004
 11. Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):4-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
 12. Huang W, Xu H, Wu J, Ren M, Ke Y, Qiao J. Toward cleaner air and better health: Current state, challenges, and priorities. *Science*. 2024;385(6707):386-390. doi: 10.1126/science.adp7832
 13. Smalling KL, Romanok KM, Bradley PM, *et al.* Mixed contaminant exposure in tapwater and the potential implications for human-health in disadvantaged communities in California. *Water Res*. 2024;267:122485. doi: 10.1016/j.watres.2024.122485
 14. Noskova TV, Gribanova OG. Assessing the impact of particulate matter and formaldehyde in atmospheric air on public health. *Gigiena i Sanitariya*. 2024;103(6):616-623. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-6-616-623
 15. Maksimov SA, Shalnova SA, Drapkina OM. Justification and development of regional indices determining the Russian Federation population health in 2005–2022. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2025;28(2):7-12. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed2025280217
 16. Ilyina LA, Shaikhislamova ER, Bakirov AB, *et al.* Comprehensive analysis of socio-economic and medical-demographic indicators in selected regions of the Volga Federal District based on socio-hygienic monitoring data. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2025;(2(42)):6-26. (In Russ.) doi: 10.24412/2411-3794-2025-10201
 17. Dhimal M, Neupane T, Lamichhane Dhimal M. Understanding linkages between environmental risk factors and noncommunicable diseases – A review. *FASEB Bioadv*. 2021;3(5):287-294. doi: 10.1096/fba.2020-00119
 18. Wang M, Kim RY, Kohonen-Corish MRJ, Chen H, Donovan C, Oliver BG. Particulate matter air pollution as a cause of lung cancer: Epidemiological and experimental evidence. *Br J Cancer*. 2025;132(11):986-996. doi: 10.1038/s41416-025-02999-2
 19. Zakharova EN, Leontieva AV, Ordynskaya ME. Socio-demographic aspects of quality of life management. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2024;32(S1):601-607. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2024-32-s1-601-607
 20. Shur PZ, Khasanova AA, Tsinker MYu, Zaitseva NV. Methodical approaches to assessing public health risks under combined exposure to climatic factors and chemical air pollution caused by them. *Health Risk Analysis*. 2023;(2):58-68. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.05.eng
 21. Rakhmanin YuA, Dodina NS, Alekseeva AV. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. *Health Risk Analysis*. 2023;(4):33-41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03.eng
 22. Rakitskii VN, Kuz'min SV, Avaliani SL, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):23-28. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.03.eng

23. Kemaykin VK, Kozhukhin IV. Formation of a safety barrier for a spacecraft under space debris impact using fuzzy logic methods. *Programmnye Produkty i Sistemy*. 2019;(1):124-129. (In Russ.) doi: 10.15827/0236-235X.125.124-129
24. Pavlova SA. Modeling of financial stability of enterprises using the theory of fuzzy logic and neural networks. *Sovremennaya Nauka: Aktual'nye Problemy*

Teorii i Praktiki. Seriya: Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki. 2022;(2-2):85-88. (In Russ.) doi: 10.37882/2223-2966.2022.02.27

25. 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

Сведения об авторах:

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

Клячин Алексей Александрович – научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: Klyachin@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4284-4415>.

Камалтдинов Марат Решидович – к.ф.-м.н., заведующий лабораторией ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления; e-mail: kmr@fcrisk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0969-9252>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Клейн С.В.; анализ и интерпретация результатов: Клейн С.В., Клячин А.А.; подготовка рукописи: Клейн С.В., Клячин А.А., Камалтдинов М.Р. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 25.10.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

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

Aleksei A. Klyachin, Researcher, Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods; e-mail: Klyachin@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4284-4415>.

Marat R. Kamaltdinov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Head of the Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory; e-mail: kmr@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0969-9252>.

Author contributions: study conception and design: Kleyn S.V.; analysis and interpretation of the results: Kleyn S.V., Klyachin A.A.; draft manuscript preparation: Kleyn S.V., Klyachin A.A., Kamaltdinov M.R. 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: October 25, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Determinants of Insulin Resistance among Non-Diabetic Indonesian Adults: A Multivariable Analysis of Metabolic, Dietary, and Lifestyle Factors

Rohani R. Simanjuntak,¹ Apoina Kartini,² Martha I. Kartasurya,² Nurjazuli³

¹ Doctoral Program of Public Health, Faculty of Public Health, Diponegoro University, Prof. Jacob Rais Street, Tembalang, Semarang, Central Java, 50275, Republic of Indonesia

² Department of Public Health Nutrition, Faculty of Public Health, Diponegoro University, Prof. Jacob Rais Street, Tembalang, Semarang, Central Java, 50275, Republic of Indonesia

³ Environmental Health Department, Faculty of Public Health, Diponegoro University, Prof. Jacob Rais Street, Tembalang, Semarang, Central Java, 50275, Republic of Indonesia

Summary

Introduction: Insulin resistance (IR), a major precursor of type 2 diabetes affecting 44.2 % of Indonesians, was assessed using the triglyceride–glucose (TyG) index, a more practical and economical measure. Comprehensive investigations linking IR with metabolic, dietary, and lifestyle factors remain scarce in Indonesia.

Objective: To assess the metabolic, dietary, and lifestyle factors associated with insulin resistance among non-diabetic adults in Indonesia.

Materials and Methods: This cross-sectional study used baseline data from the Non-Communicable Disease Risk Factor Cohort Study in Bogor, Indonesia. From 5,329 respondents, 251 with fasting glucose ≥ 126 mg/dL and 463 with incomplete data were excluded, yielding 4,615 participants. Insulin resistance was defined by a TyG index ≥ 8.5 . Variables with $p < 0.25$ in chi-square tests were entered into multivariable logistic regression to identify independent predictors. Odds ratios (ORs) and 95 % confidence intervals (CIs) were reported.

Results: Multivariable analysis revealed several strong predictors of the TyG index among non-diabetic adults. Male sex (OR = 3.90, 95 % CI: 3.15–4.82), high total cholesterol (OR = 4.36, 95 % CI: 3.72–5.11), and low HDL cholesterol (OR = 4.24, 95 % CI: 3.62–4.97) demonstrated the highest associations. Frequent consumption of packaged beverages (>3 packs/day) showed the greatest dietary effect (OR = 5.10, 95 % CI: 1.38–18.82). Central obesity (OR = 2.39, 95 % CI: 2.01–2.84) and age ≥ 40 years (OR = 1.67, 95 % CI: 1.41–1.98) were also significant predictors.

Conclusion: Insulin resistance (TyG index ≥ 8.5) is strongly linked to metabolic, dietary, and modifiable lifestyle factors and may serve as a practical screening tool in urban populations.

Keywords: insulin resistance, TyG index, metabolic risk, dietary patterns, lifestyle risk factors, non-diabetic adults.

Cite as: Simanjuntak RR, Kartini A, Kartasurya MI, Nurjazuli. Determinants of insulin resistance among non-diabetic Indonesian adults: A multivariable analysis of metabolic, dietary, and lifestyle factors. *Public Health & Life Environment*. 2025;33(12):17–25. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-17-25

Детерминанты инсулинорезистентности у взрослых индонезийцев, не страдающих диабетом: многомерный анализ факторов метаболизма, питания и образа жизни

Рохани Р. Симанджунтак¹, Апоина Картини², Марта И. Картасурья², Нурджазули³

¹ Докторантура факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро, ул. Проф. Якуба Рауса, Тембаланг, Семаранг, Центральная Ява, 50275, Республика Индонезия

² Кафедра общественного питания факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро, ул. Проф. Якуба Рауса, Тембаланг, Семаранг, Центральная Ява, 50275, Республика Индонезия

³ Кафедра гигиены окружающей среды факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро, ул. Проф. Якуба Рауса, Тембаланг, Семаранг, Центральная Ява, 50275, Республика Индонезия

Резюме

Введение. Инсулинорезистентность (ИР), основной предшественник диабета второго типа, встречающаяся у 44,2 % индонезийцев, оценивалась с помощью индекса триглицеридов–глюкозы (TyG) как более практичного и экономического показателя. В Индонезии комплексные исследования зависимости между факторами метаболизма, питания и образа жизни и ИР по-прежнему проводятся редко.

Цель: оценить факторы метаболизма, питания и образа жизни, связанные с инсулинорезистентностью, у взрослых жителей Индонезии, не страдающих диабетом.

Материалы и методы. В нашем поперечном исследовании использовались первичные данные когортного исследования факторов риска неинфекционных заболеваний, проведенного в Богоре, Индонезия. Из 5329 респондентов 251 участник с уровнем глюкозы натощак ≥ 126 мг/дл и 463 человека с неполными данными были исключены, вследствие чего итоговая выборка составила 4615 респондентов. Инсулинорезистентность определялась по индексу TyG $\geq 8,5$. Переменные с $p < 0,25$ в критериях хи-квадрат были включены в многофакторную логистическую регрессию для выявления независимых предикторов. Были получены отношения шансов (ОШ) и 95 % доверительные интервалы (ДИ).

Результаты. Многофакторный анализ выявил несколько сильных предикторов индекса TyG среди взрослых без диабета. Наибольшая корреляция с индексом триглицеридов–глюкозы была установлена для принадлежности к мужскому полу (ОШ = 3,90, 95 % ДИ: 3,15–4,82), высокого уровня общего холестерина (ОШ = 4,36, 95 % ДИ: 3,72–5,11) и низкого уровня холестерина ЛПВП (ОШ = 4,24, 95 % ДИ: 3,62–4,97). Наиболее выраженный эффект, связанный с питанием, наблюдался при частом употреблении пакетированных напитков (>3 упаковок в день) (ОШ = 5,10, 95 % ДИ: 1,38–18,82). Также значимыми предикторами оказались центральное (абдоминальное) ожирение (ОШ = 2,39, 95 % ДИ: 2,01–2,84) и возраст от 40 лет (ОШ = 1,67, 95 % ДИ: 1,41–1,98).

Заключение: инсулинорезистентность (индекс TyG $\geq 8,5$) значимо связана с метаболизмом, питанием и модифицируемыми факторами образа жизни и может служить практическим инструментом скрининга городского населения.

Ключевые слова: инсулинорезистентность, индекс TyG, метаболический риск, особенности питания, факторы риска, связанные с образом жизни, взрослые без диабета.

Для цитирования: Simanjuntak R.R., Kartini A., Kartasurya M.I., Nurjazuli. Determinants of insulin resistance among non-diabetic Indonesian adults: A multivariable analysis of metabolic, dietary, and lifestyle factors // *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025. T. 33. № 12. С. 17–25. (In Eng.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-17-25

Introduction. Insulin resistance (IR) is a major contributor to the development of type 2 diabetes and cardiovascular diseases. In Indonesia, it affects around 44.2 % of the population, reflecting a global upward trend and growing public health concern [1, 2]. The triglyceride–glucose (TyG) index is a validated and practical surrogate marker for insulin resistance, diabetes risk, and mortality, especially in large-scale epidemiological studies [3, 4]. The TyG index is widely used in international research as a cost-effective IR survey [5].

While Western populations have extensively studied insulin resistance, research among non-diabetic individuals in Southeast Asia—especially Indonesia—remains limited. Most Indonesian studies, particularly in rural areas like Flores, focus mainly on BMI and waist circumference. Few have explored behavioral and nutritional factors using multivariable methods, highlighting the need for comprehensive analyses to understand modifiable risk factors in the local context [6].

Understanding how modifiable lifestyle and dietary factors influence insulin resistance—particularly through accessible markers like the TyG index—has important public health implications for Indonesia and other low- and middle-income countries. Clarifying these associations in non-diabetic adults enables early detection of metabolic risk using a low-cost tool, allowing timely preventive actions such as improved diet, physical activity, and weight control. Given the high prevalence of IR among Indonesian adults, especially in culturally distinct regions like Bogor, such evidence is essential for designing targeted, context-specific interventions. This study provides a comprehensive analysis of IR determinants, offering evidence to guide national screening policies and enhance prevention strategies to delay disease onset and reduce healthcare burden.

This study focuses on insulin resistance among non-diabetic Indonesian adults, as defined by a TyG index ≥ 8.5 . It examines the influence of metabolic, dietary, and lifestyle factors on insulin resistance. The analysis **aims** to provide insights into modifiable risk factors relevant to the study population.

Materials and Methods

Respondents, Data Source, and Study Design

The Non-Communicable Disease (NCD) Risk Factor Cohort Study included adults aged 22–65 residing permanently in five urban villages (Kebon Kalapa, Babakan Pasar, Babakan, Ciwaringin, and Panaragan) of Bogor Tengah District, Bogor City. Participants were selected based on inclusion and exclusion criteria, excluding individuals who were pregnant, had mental disorders, underwent hysterectomy, or were diagnosed with NCDs (coronary heart disease, stroke, diabetes, cancer, or lung disease). Data were collected through interviews, physical examinations, and laboratory tests at the Ministry of Health's Integrated Laboratory for Applied Technology and Clinical Epidemiology.

This cross-sectional study utilized baseline data from the Bogor NCD Risk Factor Cohort Study (2011–2021), involving 5,329 adults aged 22–65 from urban and peri-urban Bogor. After excluding individuals with

fasting glucose ≥ 126 mg/dL ($n = 251$) or missing key data on diet ($n = 382$), blood pressure ($n = 7$), body weight ($n = 2$), or glucose values ($n = 72$), the final analysis included 4,615 non-diabetic adults.

Variables

The independent variables included sociodemographic factors (age, sex, education, marital status, family history of diabetes, and health insurance), anthropometrics (BMI and central obesity), clinical indicators (fasting/postprandial glucose, lipid profile, and blood pressure), dietary intake (energy, fat, meat, oil, and packaged beverages), and behavioral factors (stress, smoking, alcohol use, and physical activity). The outcome variable was the triglyceride–glucose (TyG) index, which served as a proxy indicator for insulin resistance.

Measurements

Sociodemographic data (age, sex, education, marital status, family history of diabetes, and health insurance) were collected via structured interviews. Behavioral data (smoking, alcohol use, and physical activity) were obtained using the modified WHO STEPS questionnaire, while stress was assessed with the WHO Self-Reporting Questionnaire (SRQ). Anthropometric measurements (weight, height, and waist circumference) were taken by trained health workers following WHO STEPS protocols. Blood pressure was assessed by trained staff using a sphygmomanometer.

Biochemical data—including fasting glucose, 2-hour postprandial glucose, and lipid profile (total cholesterol, triglycerides, HDL, LDL)—were collected by trained laboratory staff. Respondents fasted the day before sampling and consumed a glucose solution for postprandial measurements. Dietary intake was assessed using a 24-hour recall and food habits through the Food Frequency Questionnaire (FFQ), both conducted by trained enumerators.

Insulin resistance is defined by a TyG index ≥ 8.5 , a threshold validated in Asian populations to reflect region-specific metabolic characteristics and enhance diagnostic relevance [7]. The triglyceride–glucose (TyG) index number is obtained by the formula:

$$\text{TyG Index} = \ln \frac{\text{fasting triglycerides (mg/dL)} \times \text{fasting blood sugar (mg/dL)}}{2}$$

Statistical Analyses

Bivariate Analysis

Descriptive statistics summarized population characteristics and initial variable associations. Bivariate analysis using the chi-square test assessed relationships between categorical predictors and elevated TyG index (≥ 8.5), appropriate due to the binary outcome. Following Hosmer and Lemeshow's guidance, variables with $p < 0.25$ were included in the multivariable model to retain potentially relevant predictors [8].

Multivariable Analysis

Multivariable logistic regression was conducted using the enter method, with stepwise removal of non-significant variables. Adjusted odds ratios (ORs) and 95 % confidence intervals (CIs) were reported, with significance set at $p < 0.05$. Model fit was evaluated using the Hosmer–Lemeshow test, and multicollinearity was assessed via Variance Inflation Factors (VIF).

Results

Table 1 presents bivariate analysis results, identifying insulin resistance based on a TyG index ≥ 8.5 , as validated in Asian populations. Several sociodemographic, clinical, behavioral, dietary, and physical activity variables showed significant associations ($p < 0.05$) with insulin resistance. Sociodemographic factors like sex, age, employment, and insurance status were significantly linked to elevated TyG index. Clinically, high BMI, central obesity, hypertension, abnormal lipids, and elevated 2-hour glucose were

associated with insulin resistance. Smoking, alcohol use, and stress also showed significant associations.

Dietary factors such as inadequate intake of energy, macronutrients ($< 80\%$ RDA), low sodium, high sugar, flavor enhancers, frequent egg and packaged beverage intake, and low coffee consumption were related to higher TyG index. Low physical activity, including infrequent walking and lack of moderate or vigorous exercise, was also significantly associated. All variables with $p < 0.25$ in bivariate analysis were included in the multivariable logistic regression.

Table 1. Description of the respondents and bivariate associations with elevated triglyceride–glucose (TyG) index
Таблица 1. Описание респондентов и двумерных ассоциаций с повышенным индексом триглицеридов–глюкозы (TyG)

Variables / Переменные	Total / Всего, <i>n</i>	Insulin resistance / Инсулинорезистентность				<i>p</i>
		No / Нет TyG index < 8.5		Yes / Да TyG index ≥ 8.5		
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
1	2	3	4	5	6	7
Sex / Пол						
– Female / Женский	2995	2123	70.9	872	29.1	0.000*
– Male / Мужской	1620	892	55.1	728	44.9	
Age group, years / Возрастная группа, лет						
– < 40	1673	1289	77.0	384	23.0	0.000*
– ≥ 40	2942	1726	58.7	1216	41.3	
Family history of diabetes / Наличие диабета в семейном анамнезе						
– No / Нет	3951	2600	65.8	1351	34.2	0.098*
– Yes / Да	664	415	62.5	249	37.5	
Marital status / Семейное положение						
– Married / В браке	3894	2547	65.4	1347	34.6	0.796
– Single / Холост/не замужем	721	468	64.9	253	35.1	
Education level / Уровень образования						
– High / Высокий	1993	1324	66.4	669	33.6	0.170*
– Low / Низкий	2622	1691	64.5	931	35.5	
Employment status / Занятость						
– Yes / Да	2380	1424	59.8	956	40.2	0.000*
– No / Нет	2235	1591	71.2	644	28.8	
Health insurance ownership / Наличие полиса медицинского страхования						
– Yes / Да	1780	1126	63.3	654	36.7	0.019*
– No / Нет	2835	1889	66.6	946	33.4	
Body mass index / Индекс массы тела						
– < 25	2529	1873	74.1	656	25.9	0.000*
– > 25	2086	1142	54.7	944	45.3	
Central obesity / Центральное (абдоминальное) ожирение						
– No / Нет	2574	1888	73.3	686	26.7	0.000*
– Yes / Да	2037	1123	55.1	914	44.9	
Hypertension / Гипертония						
– No / Нет	3109	2208	71.0	901	29.0	0.000*
– Yes / Да	1506	807	53.6	699	46.4	
Total cholesterol / Общий холестерин						
– Low/Normal / Низкий/Нормальный	2348	1849	78.7	499	21.3	0.000*
– High / Высокий	2267	1166	51.4	1101	48.6	
HDL cholesterol / Холестерин ЛПВП						
– High/ Normal / Высокий/Нормальный	3043	2233	73.4	810	26.6	0.000*
– Low / Низкий	1572	782	49.7	790	50.3	
LDL cholesterol / Холестерин ЛПНП						
– Low/ Normal / Низкий/Нормальный	841	651	77.4	190	22.6	0.000*
– High / Высокий	3774	2364	62.6	1410	37.4	

Table 1 (continued) / Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
2 hours postprandial glucose / Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды						
– Low/Normal / Низкий/Нормальный	3476	2439	70.2	1037	29.8	0.000*
– High / Высокий	1139	576	50.6	563	49.4	
Flavour enhancer usage / Использование усилителей вкуса						
– No / Нет	235	139	59.1	96	40.9	0.041*
– Yes / Да	4376	2874	65.7	1502	34.3	
Reuse frequency of cooking oil a day / Частота повторного использования пищевых масел для приготовления блюд в день						
– < 3	3532	2289	64.8	1243	35.2	0.174*
– > 3	1060	711	67.1	349	32.9	
Active smoking / Активное курение						
– No / Нет	3046	2107	69.2	939	30.8	0.000*
– Yes / Да	1569	908	57.9	661	42.1	
Alcohol / Употребление алкоголя						
– No / Нет	3666	2496	68.1	1170	31.9	0.000*
– Yes / Да	948	518	54.6	430	45.4	
Stress / Стресс						
– No / Нет	3635	2339	64.3	1296	35.7	0.007*
– Yes / Да	980	676	69.0	304	31.0	
Adequacy of energy intake, % RDA / Энергетическая ценность рациона питания, % от РСН						
– ≥ 80%	1901	1362	71.6	539	28.4	0.000*
– < 80%	2714	1653	60.9	1061	39.1	
Adequacy of protein intake, % RDA / Потребление белков, % от РСН						
– ≥ 80%	2543	1778	69.9	765	30.1	0.000*
– < 80%	2072	1237	59.7	835	40.3	
Adequacy of fat intake, % RDA / Потребление жиров, % от РСН						
– ≥ 80%	2117	1463	69.1	654	30.9	0.000*
– < 80%	2498	1552	62.1	946	37.9	
Adequacy of carbohydrate intake, % RDA / Потребление углеводов, % от РСН						
– ≥ 80%	1667	1187	71.2	480	28.8	0.000*
– < 80%	2948	1828	62.0	1120	38.0	
Fruit and vegetables frequency, times a day / Частота потребления фруктов и овощей в день						
– > 3	1356	870	64.2	486	35.8	0.389*
– < 3	2718	1781	65.5	937	34.5	
Adequacy of sodium intake, % RDA / Потребление соли, % от РСН						
– < 100%	1669	1012	60.6	657	39.4	0.000*
– > 100%	2946	2003	68.0	943	32.0	
Sugar intake, % of total energy / Потребление сахара, % от калорийности суточного рациона						
– < 5%	3031	2033	67.1	998	32.9	0.001*
– > 5%	1584	982	62.0	602	38.0	
Intake of oil-derived products, times a day / Частота потребления жиров и масел в день						
– < 3	2279	1508	66.2	771	33.8	0.233*
– > 3	2298	1482	64.5	816	35.5	
Intake of meat, times a day / Частота потребления мяса в день						
– < 1	3275	2168	66.2	1107	33.8	0.057*
– > 1	1314	831	63.2	483	36.8	
Intake of fresh fish, times a week / Частота потребления свежей рыбы в неделю						
– > 7	260	159	61.2	101	38.8	0.144*
– < 7	4325	2837	65.6	1488	34.4	
Intake of egg, times a week / Частота потребления яиц в неделю						
– > 4	1434	975	68.0	459	32.0	0.011*
– < 4	3151	2021	64.1	1130	35.9	
Intake of milk, times a day / Частота потребления молока в день						
– > 2	28	16	57.1	12	42.9	0.360
– < 2	4561	2983	65.4	1578	34.6	
Intake of plant-based products, times a day / Частота потребления продуктов растительного происхождения в день						
– < 3	4199	2759	65.7	1440	34.3	0.098*
– > 3	390	240	61.5	150	38.5	

Table 1 (continued) / Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
Intake of legumes, times a day / Частота потребления бобовых в день						
— < 1	359	220	61.3	139	38.7	0.092*
— > 1	4223	2774	65.7	1449	34.3	
Intake of packaged beverages, times a day / Частота потребления упакованных напитков в день						
— < 3	4573	2993	65.4	1580	34.6	0.019*
— > 3	16	6	37.5	10	62.5	
Intake of confectionery, time a week / Частота потребления кондитерских изделий в неделю						
— < 4	2280	1466	64.3	814	35.7	0.139*
— > 4	2305	1530	66.4	775	33.6	
Intake of coffee, times a day / Частота потребления кофе в день						
— < 1	3122	2111	67.6	1011	32.4	0.000*
— > 1	1463	885	60.5	578	39.5	
Vigorous physical activity / Интенсивная физическая активность						
— Yes / Да	535	323	60.4	212	39.6	0.010*
— No / Нет	4080	2692	66.0	1388	34.0	
Days of vigorous physical activity a week / Количество дней интенсивной физической активности в неделю						
— > 3	457	273	59.7	184	40.3	0.008*
— < 3	4158	2742	65.9	1416	34.1	
Moderate physical activity / Умеренная физическая активность						
— Yes / Да	3762	2514	66.8	1248	33.2	0.000*
— No / Нет	853	501	58.7	352	41.3	
Days of moderate physical activity a week / Количество дней умеренной физической активности в неделю						
— > 5	3224	2169	67.3	1055	32.7	0.000*
— < 5	1391	846	60.8	545	39.2	
METs of physical activity, MET-min/week / МЭН для физической активности, МЭН-мин в неделю						
— > 1500	3547	2357	66.5	1190	33.5	0.004*
— < 1500	1068	658	61.6	410	38.4	
Walking for at least 10 minutes / Прогулки/ходьба в течение 10 и более минут						
— Yes / Да	3635	2396	65.9	1239	34.1	0.108*
— No / Нет	980	619	63.2	361	36.8	
Days of walking a week / Количество дней с прогулками в неделю						
— > 5	2584	1729	66.9	855	33.1	0.011*
— < 5	2031	1286	63.3	745	36.7	
High intensity training / Тренировки высокой интенсивности						
— Yes / Да	166	97	58.4	69	41.6	0.057*
— No / Нет	4449	2918	65.6	1531	34.4	
Days of high intensity training a week / Количество дней тренировок высокой интенсивности в неделю						
— > 3	45	27	60.0	18	40.0	0.450
— < 3	4570	2988	65.4	1582	34.6	
Moderate intensity training / Тренировки умеренной интенсивности						
— Yes / Да	1484	961	64.8	523	35.2	0.573
— No / Нет	3131	2054	65.6	1077	34.4	
Days of moderate intensity training a week / Количество дней тренировок умеренной интенсивности в неделю						
— > 5	228	146	64.0	82	36.0	0.673
— < 5	4387	2869	65.4	1518	34.6	
METs of training, MET-min/week / МЭН для тренировок, МЭН-мин в неделю						
— > 1500	178	108	60.7	70	39.3	0.183*
— < 1500	4437	2907	65.5	1530	34.5	
Sedentary lifestyle, hours a day / Сидячий образ жизни, часов в день						
— < 8	3821	2490	65.2	1331	34.8	0.607
— ≥ 8	794	525	66.1	269	33.9	

Abbreviations to Tables 1 and 2: HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; RDA, recommended dietary allowance; MET, metabolic equivalent of task.

Note: Chi-square test * $p \leq 0.25$.

Аббревиатуры таблиц 1 и 2: ЛПВП, липопротеины высокой плотности; ЛПНП, липопротеины низкой плотности; РСН, рекомендуемая суточная норма потребления; МЭН, метаболический эквивалент нагрузки.

Примечание: Критерий хи-квадрат, * $p \leq 0.25$.

Based on the results of the multivariable logistic regression analysis presented in Table 2, several factors were found to be significantly associated with insulin resistance. Being male and above 40 years old showed significant associations with insulin resistance. Clinically, central obesity, hypertension, high total cholesterol, low HDL cholesterol, and elevated 2-hour postprandial glucose levels were all positively associated with insulin resistance.

Behavioral factors such as active smoking and alcohol consumption were also positively related to insulin resistance. Similarly, inadequate energy intake (<80% of RDA), frequent consumption of oil-based products (>3 times/day), frequent meat intake (>1 times/day), and high intake of packaged beverages (>3 packs/day) were positively associated with insulin resistance. In addition, walking less than 5 days/week was also positively associated with insulin resistance.

Discussion

This study examined insulin resistance determinants among non-diabetic Indonesian adults using the TyG index as a surrogate marker. Conducted within a large urban cohort, it identified significant associations between elevated TyG values (≥ 8.5) and various metabolic, sociodemographic, behavioral, and dietary factors, supporting its utility for early detection in both clinical and epidemiological contexts. Key metabolic indicators—high total cholesterol, low HDL, elevated postprandial glucose, central obesity, and hypertension—were strongly linked to increased TyG index, reflecting its relevance to lipid-glucose

interactions and visceral adiposity. For example, a high TyG index has been associated with hypertension, regardless of HDL and LDL cholesterol levels [9], and specifically associated with more severe hypertension subtypes, including isolated diastolic hypertension [10]. Furthermore, the TyG index has been validated as a predictor of visceral obesity [11], with additional evidence highlighting its synergistic effects with visceral fat in increasing cardiometabolic risk [12]. These consistent findings support the biological plausibility of lipid-glucose disruption and central adiposity in driving early insulin resistance.

For instance, an elevated TyG index has been shown to correlate significantly with indicators of central obesity, including waist circumference, even after adjusting for other anthropometric measures [13, 14]. A cross-sectional study in a Chinese population found waist circumference to be a better predictor of insulin resistance and metabolic issues than BMI. The TyG index strongly correlated with waist circumference, highlighting its value as a marker of central obesity and early metabolic dysfunction. Elevated TyG levels were also consistently associated with dyslipidemia (low HDL, high total cholesterol) and impaired glucose metabolism. Similar findings in Chinese children and adolescents further support the TyG index as a reflection of combined lipid-glucose imbalances and visceral fat accumulation [15, 16]. A large cross-sectional study in China confirmed the TyG index as a reliable marker linked to metabolic syndrome components like hypertension and low

Table 2. Multivariable logistic regression determinants of triglyceride–glucose index

Таблица 2. Детерминанты индекса триглицеридов–глюкозы по результатам многофакторной логистической регрессии

Variables / Переменные	B	SE / CO	AOR (95% CI) / COШ (95% ДИ)	p
Male sex / Мужской пол	1.360	0.109	3.895 (3.148 – 4.820)	0.000*
Age > 40 years old / Возраст от 40 лет	0.514	0.085	1.672 (1.414 – 1.975)	0.000*
No health insurance ownership / Отсутствие полиса медицинского страхования	−0.161	0.075	0.851 (0.735 – 0.985)	0.031*
Central obesity / Центральное ожирение	0.871	0.088	2.390 (2.013 – 2.838)	0.000*
Hypertension / Гипертония	0.419	0.082	1.521 (1.295 – 1.786)	0.000*
High total cholesterol / Высокий уровень общего холестерина	1.472	0.081	4.357 (3.718 – 5.106)	0.000*
Low HDL cholesterol / Низкий уровень холестерина ЛПВП	1.445	0.081	4.242 (3.620 – 4.971)	0.000*
High 2-hour postprandial glucose / Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды	0.577	0.084	1.780 (1.510 – 2.099)	0.000*
Active smoking / Активное курение	0.267	0.095	1.306 (1.084 – 1.573)	0.005*
Alcohol consumption / Употребление алкоголя	0.215	0.106	1.240 (1.008 – 1.527)	0.042*
Energy adequacy intake <80% of RDA / Энергетическая ценность рациона питания, % от РСН	0.279	0.078	1.322 (1.136 – 1.539)	0.000*
Intake of oil-derived products >3 times/ day / Потребление пищевых масел от трех раз в день	0.169	0.075	1.184 (1.023 – 1.371)	0.024*
Intake of meat ≥ 1 time/day / Потребление мяса от одного раза в день	0.204	0.082	1.226 (1.044 – 1.440)	0.013*
Intake of packaged beverages > 3 packs/day / Потребление более трех упакованных напитков в день	1.629	0.666	5.098 (1.381 – 18.82)	0.015*
Days of walking <5 days/week / Менее пяти дней ходьбы/прогулок в неделю	0.199	0.074	1.220 (1.056 – 1.409)	0.007*

Abbreviations: SE, standard error; AOR, adjusted odd ratio; CI, confidence interval.

Note: Binary logistic regression, * $p < 0.05$.

Аббревиатуры: CO, стандартная ошибка; COШ, скорректированное отношение шансов; ДИ, доверительный интервал.

Примечание: Бинарная логистическая регрессия, * $p < 0,05$.

HDL. These consistent findings support its role as an integrative indicator of metabolic dysfunction and early insulin resistance [17, 18].

Male sex and older age were linked to higher TyG index values, aligning with evidence of sex- and age-related differences in fat distribution and insulin sensitivity. TyG levels tend to rise with age and are generally higher in men, likely due to greater visceral fat, which is closely tied to insulin resistance. In contrast, women—especially premenopausal—store more subcutaneous fat and benefit from estrogen's protective effects, which diminish with age [16,19–21].

Participants without health insurance showed a lower risk of insulin resistance based on the TyG index, differing from previous studies that linked insurance ownership to better glucose control. This discrepancy may be due to over-reliance on insurance, leading to reduced health-conscious behavior, or reverse causality, where individuals at higher metabolic risk are more likely to obtain insurance, making the insured group appear more vulnerable [22–25].

Several lifestyle factors were linked to a higher TyG index, indicating increased insulin resistance risk. Smoking and alcohol consumption were associated with elevated TyG levels, consistent with Korean studies showing higher TyG indices among smokers and drinkers, especially co-users, even after adjusting for key health variables [26, 27]. Tobacco use increases oxidative stress, inflammation, and endothelial dysfunction, contributing to insulin resistance and higher triglycerides. Similarly, excessive alcohol intake disrupts glucose-lipid balance and promotes liver fat and inflammation, raising TyG and insulin resistance [26, 28]. In chronic smokers, nicotine disrupts insulin signaling in muscles, reducing sensitivity and promoting resistance. Conversely, quitting smoking improves insulin sensitivity. Alcohol intake impairs insulin regulation in the brain and liver and increases gluconeogenesis and lipolysis, thus worsening insulin resistance [29–32].

Physical inactivity, such as walking less than five days a week, was linked to a higher TyG index. This supports evidence that physical activity boosts insulin sensitivity by improving glucose uptake and reducing visceral fat. Meta-analyses of clinical trials show exercise enhances insulin-stimulated glucose use, especially in muscle. Studies confirm that physical activity increases muscle glucose uptake and reduces visceral fat activity, improving overall insulin sensitivity. Clustering studies also link combined unhealthy behaviors—like inactivity, smoking, alcohol use, and poor sleep—to higher insulin resistance and glucose levels, highlighting their role in raising the TyG index and contributing to metabolic dysfunction [33–36].

Consumption of meat, packaged beverages, oil-derived products, and low energy intake were positively associated with elevated TyG index. A longitudinal study in Brazil found that high red and processed meat intake raised the risk of insulin resistance and type 2 diabetes. Similarly, meta-analyses showed that high meat consumption increased the risk of metabolic syndrome, including elevated triglycerides and insulin resistance, with red meat linked to higher triglyceride levels [37–40].

Frequent intake of packaged beverages (over three servings/day) was a strong predictor of elevated TyG index. This aligns with studies showing that packaged beverages containing fructose, glucose, high-fructose corn syrup, sucrose, or aspartame reduce insulin sensitivity and increase liver fat [41].

Unhealthy fat intake from cooking oils increases insulin resistance, while replacing it with MUFA or PUFA can lower the TyG index risk. High fat intake, especially from reused oil, is linked to elevated TyG. This study also found that consuming less than 80 % of daily calorie needs increases insulin resistance. Poor calorie intake, without balanced nutrition, can impair metabolism and insulin sensitivity. Overall, both the quantity and quality of diet influence insulin sensitivity via the TyG pathway [42–45].

The study strengths include a large urban sample of non-diabetic Indonesian adults, enhancing relevance for similar settings, and the use of the TyG index as a practical marker. It also examined various metabolic, dietary, and lifestyle components. However, its cross-sectional design limited causal interpretation. Some associations weakened after adjustment, possibly due to confounding. Dietary data relied on self-report, risking bias. Lastly, while useful, the TyG index is an indirect measure and may not fully capture insulin resistance complexity.

Future studies should use longitudinal designs to clarify causality and include objective markers like inflammation, cortisol, or genetics to uncover mechanisms beyond the TyG index. Mixed-methods research may also deepen insight into behavioural and psychosocial factors influencing metabolic risk.

Conclusion

A combination of metabolic, dietary, and lifestyle factors influences insulin resistance among non-diabetic Indonesian adults. The TyG index effectively identified individuals at higher risk, highlighting the need for early screening and targeted interventions to prevent cardiometabolic complications. By prioritizing targeted interventions tailored to the unique needs of this population, the healthcare system can effectively mitigate the long-term health consequences associated with insulin resistance.

Acknowledgement

The authors thank the Health Research and Development Agency, Ministry of Health of Indonesia, for permitting the use of data from the Non-Communicable Disease Risk Factor Cohort Study.

Благодарность

Авторы выражают благодарность Агентству медицинских исследований и разработок Министерства здравоохранения Индонезии за разрешение использовать данные когортного исследования факторов риска неинфекционных заболеваний.

REFERENCES / СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goh LPW, Sani SA, Sabullah MK, Gansau JA. The prevalence of insulin resistance in Malaysia and Indonesia: An updated systematic review and meta-analysis. *Medicina (Kaunas)*. 2022;58(6):826. doi: 10.3390/medicina58060826
2. Nawai F, Syauqy A, Pramono A. Correlation of lipid profile, glucose, and body composition on insulin resistance in overweight and obese subjects. *AcTion Aceh Nutr J*. 2024;9(1):141. doi: 10.30867/action.v9i1.1571

3. Hong S, Han K, Park CY. The triglyceride glucose index is a simple and low-cost marker associated with atherosclerotic cardiovascular disease: A population-based study. *BMC Med.* 2020;18(1):361. doi: 10.1186/s12916-020-01824-2
4. Tao LC, Xu JN, Wang TT, Hua F, Li JJ. Triglyceride–glucose index as a marker in cardiovascular diseases: Landscape and limitations. *Cardiovasc Diabetol.* 2022;21(1):68. doi: 10.1186/s12933-022-01511-x
5. Kurniawan LB. Triglyceride–glucose index as a biomarker of insulin resistance, diabetes mellitus, metabolic syndrome, and cardiovascular disease: A review. *EJIFCC.* 2024;35(1):44-51.
6. Tahapary DL, Harbuwono DS, Soewondo P. Determinants of insulin resistance among people living in a rural area of Indonesia. *J ASEAN Fed Endocr Soc.* 2022;34(2):44. Accessed November 20, 2025. <https://www.asean-endocrinejournal.org/index.php/JAFES/article/view/2009>
7. Kim B, Kim GM, Huh U, Lee J, Kim E. Association of HOMA–IR versus TyG index with diabetes in individuals without underweight or obesity. *Healthcare (Basel).* 2024;12(23):2458. doi: 10.3390/healthcare12232458
8. Hosmer DW Jr, Lemeshow S, Sturdivant RX. *Applied Logistic Regression.* 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc.; 2013. doi: 10.1002/9781118548387
9. Dong X, Han B, Huang W, et al. Association of TyG index with hypertension in Chinese adults: The China Health Examination Collaborative Study (CHEC Study). *Asia Pac J Clin Nutr.* 2023;32(3):362-373. doi: 10.6133/apjcn.202309_32(3).0008
10. Cai Q, Xing CY, Zhu J, Wang Y, Lu F, Peng J. Associations between triglyceride–glucose index and different hypertension subtypes: A population-based study in China. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:901180. doi: 10.3389/fcvm.2022.901180
11. Zuo J, Huang Z, Ge Y, Ding X, Wang X, Huang Y. Triglyceride–glucose index as a marker for visceral obesity in patients with gastric cancer. *Front Nutr.* 2024;11:1515918. doi: 10.3389/fnut.2024.1515918
12. Yang Y, Li S, Ren Q, et al. The interaction between triglyceride–glucose index and visceral adiposity in cardiovascular disease risk: Findings from a nationwide Chinese cohort. *Cardiovasc Diabetol.* 2024;23(1):427. doi: 10.1186/s12933-024-02518-2
13. Huang P, Zhang H, Ren G, et al. Association of the triglyceride glucose index with obesity indicators and hypertension in American adults based on NHANES 2013 to 2018. *Sci Rep.* 2025;15(1):2443. doi: 10.1038/s41598-025-86430-z
14. Zhu X, Xu W, Song T, et al. Changes in the combination of the triglyceride–glucose index and obesity indicators estimate the risk of cardiovascular disease. *Cardiovasc Diabetol.* 2024;23(1):192. doi: 10.1186/s12933-024-02281-4
15. Peng Y, Li L, Li M, et al. Association between triglyceride–glucose index multiplied by waist circumference and H-type hypertension among Chinese adults. *Front Cardiovasc Med.* 2025;12:1589488. doi: 10.3389/fcvm.2025.1589488
16. Yoon JS, Shim YS, Lee HS, Hwang IT, Hwang JS. A population-based study of TyG index distribution and its relationship to cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Sci Rep.* 2021;11(1):23660. doi: 10.1038/s41598-021-03138-6
17. Afshar M, Afraie M, Azami M, Zamani K, Moradpour F, Moradi Y. Diagnostic performance of the TyG index in detecting metabolic syndrome: A cross-sectional study from Western Iran. *Open Public Health J.* 2025;18:E18749445383799. doi: 10.2174/0118749445383799250502062335
18. Zhao X, Lu C, Song B, et al. The prevalence and clustering of metabolic syndrome risk components in Chinese population: A cross-sectional study. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1290855. doi: 10.3389/fendo.2023.1290855
19. Zhao Z, Cai R, Tao L, Sun Y, Sun K. Association between triglyceride–glucose index and sarcopenic obesity in adults: A population-based study. *Front Nutr.* 2025;12:1452512. doi: 10.3389/fnut.2025.1452512
20. Guo R, Tong J, Wang R, Ma S, Wei L, Zhao W. Gender differences in triglyceride glucose index predictive power for type 2 diabetes mellitus: A Chinese cohort study. *Int J Diabetes Dev Ctries.* 2025;45(2):300-308. doi: 10.1007/s13410-024-01369-7
21. Riccio A, Fortin E, Mellbin L, et al. Sex differences in the association between insulin resistance and non-fatal myocardial infarction across glycaemic states. *Cardiovasc Diabetol.* 2024;23(1):25. doi: 10.1186/s12933-023-02093-y
22. Mahoney S, Bradley A, Pitts L, et al. Health insurance is associated with decreased odds for undiagnosed prediabetes and type 2 diabetes in American adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):4706. doi: 10.3390/ijerph17134706
23. Gold RS, Unkart JT, McClelland RL, Bertoni AG, Allison MA. Health insurance status and type associated with varying levels of glycemic control in the US: The multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Prim Care Diabetes.* 2021;15(2):378-384. doi: 10.1016/j.pcd.2020.11.011
24. Li Y, Li L, Liu J. The impact of health insurance on self-protection of Chinese rural residents. *Front Public Health.* 2022;10:874619. doi: 10.3389/fpubh.2022.874619
25. Baicker K, Mullainathan S, Schwartzstein J. Behavioral hazard in health insurance. *Natl Bur Econ Res Bull Aging Health.* 2013;1(1):2-3.
26. Baek W, Lee JW, Lee HS, et al. Concurrent smoking and alcohol consumers had higher triglyceride glucose indices than either only smokers or alcohol consumers: A cross-sectional study in Korea. *Lipids Health Dis.* 2021;20(1):49. doi: 10.1186/s12944-021-01472-2
27. Jeong SH, Joo HJ, Kwon J, Park EC. Association between smoking behavior and insulin resistance using triglyceride–glucose index among South Korean adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 2021;106(11):e4531-e4541. doi: 10.1210/clinem/dgab399
28. Obrador de Hevia J, López-González ÁA, Ramírez-Manent JI, et al. Association between alcohol consumption, other healthy habits and sociodemographic variables and the values of different insulin resistance risk scales in 139,634 Spanish workers. *Healthcare (Basel).* 2025;13(8):921. doi: 10.3390/healthcare13080921
29. Bergman BC, Perreault L, Hunerdosse D, et al. Novel and reversible mechanisms of smoking-induced insulin resistance in humans. *Diabetes.* 2012;61(12):3156-3166. doi: 10.2337/db12-0418
30. Bajaj M. Nicotine and insulin resistance: When the smoke clears. *Diabetes.* 2012;61(12):3078-3080. doi: 10.2337/db12-1100
31. Artese A, Stamford BA, Moffatt RJ. Cigarette smoking: An accessory to the development of insulin resistance. *Am J Lifestyle Med.* 2017;13(6):602-605. doi: 10.1177/1559827617726516
32. Lindtner C, Scherer T, Zielinski E, et al. Binge drinking induces whole-body insulin resistance by impairing hypothalamic insulin action. *Sci Transl Med.* 2013;5(170):170ra14. doi: 10.1126/scitranslmed.3005123
33. Hao Z, Guo X, Wang Y, Yang G. Physical activity reduces metabolic risk via iron metabolism: Cross-national evidence using the triglyceride–glucose index. *Metabolites.* 2024;14(12):651. doi: 10.3390/metabo14120651

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-17-25>
Original Research Article

34. Rebello CJ, Zhang D, Kirwan JP, *et al.* Effect of exercise training on insulin-stimulated glucose disposal: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes (Lond)*. 2023;47(5):348-357. doi: 10.1038/s41366-023-01283-8
35. Honkala SM, Motiani P, Kivelä R, *et al.* Exercise training improves adipose tissue metabolism and vasculature regardless of baseline glucose tolerance and sex. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2020;8(1):e000830. doi: 10.1136/bmjdr-2019-000830
36. de Mello GT, Thirunavukkarasu S, Jeemon P, Thankappan KR, Oldenburg B, Cao Y. Clustering of health behaviors and their associations with cardiometabolic risk factors among adults at high risk for type 2 diabetes in India: A latent class analysis. *J Diabetes*. 2024;16(5):e13550. doi: 10.1111/1753-0407.13550
37. Kim Y, Je Y. Meat consumption and risk of metabolic syndrome: Results from the Korean population and a meta-analysis of observational studies. *Nutrients*. 2018;10(4):390. doi: 10.3390/nu10040390
38. Aprelini CMO, Luft VC, Meléndez GV, Schmidt MI, Mill JG, Molina MDCB. Consumption of red and processed meat, insulin resistance, and diabetes in the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *Rev Panam Salud Pública*. 2019;43:e40. (In Portuguese.) doi: 10.26633/rpsp.2019.40
39. Sun L, Yuan JL, Chen QC, *et al.* Red meat consumption and risk for dyslipidaemia and inflammation: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:996467. doi: 10.3389/fcvm.2022.996467
40. Zandvakili A, Shiraseb F, Hosseininasab D, Aali Y, Santos RD, Mirzaei K. The association between consumption of red and processed meats with metabolic syndrome and its components in obese and overweight women: A cross-sectional study. *BMC Womens Health*. 2024;24(1):93. doi: 10.1186/s12905-023-02862-7
41. Hieronimus B, Medici V, Lee V, *et al.* Effects of consuming beverages sweetened with fructose, glucose, high-fructose corn syrup, sucrose, or aspartame on OGTT-derived indices of insulin sensitivity in young adults. *Nutrients*. 2024;16(1):151. doi: 10.3390/nu16010151
42. Araújo SP, da Silva A, Bressan J, Juvanhol LL, Castro LCV, Hermsdorff HHM. Fat intake and high triglyceride-glucose Index in individuals at cardiometabolic risk: An isocaloric substitution analyses. *J Am Nutr Assoc*. 2023;42(5):452-458. doi: 10.1080/07315724.2022.2064001
43. Zhuang P, Mao L, Wu F, Wang J, Jiao J, Zhang Y. Cooking oil consumption is positively associated with risk of type 2 diabetes in a Chinese nationwide cohort study. *J Nutr*. 2020;150(7):1799-1807. doi: 10.1093/jn/nxaa103
44. Milhem F, Komarnytsky S. Progression to obesity: Variations in patterns of metabolic fluxes, fat accumulation, and gastrointestinal responses. *Metabolites*. 2023;13(9):1016. doi: 10.3390/metabo13091016
45. Osadnik K, Osadnik T, Lonnie M, *et al.* Metabolically healthy obese and metabolic syndrome of the lean: The importance of diet quality. Analysis of MAGNETIC cohort. *Nutr J*. 2020;19(1):19. doi: 10.1186/s12937-020-00532-0

Author information:

✉ Rohani Retnauli **Simanjuntak**, MPH, Doctoral Program of Public Health, Public Health Faculty, Diponegoro University; e-mail: retnauli@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7515-7420>.

Apoina **Kartini**, PhD, Public Health Nutrition Department, Public Health Faculty, Diponegoro University; e-mail: apoinakartini@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4845-3730>.

Martha Irene **Kartasurya**, PhD, Professor, Public Health Nutrition Department, Public Health Faculty, Diponegoro University; e-mail: marthakartasurya@live.undip.ac.id; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5177-233X>.

Nurjazuli, PhD, Environmental Health Department, Public Health Faculty, Diponegoro University; e-mail: nurjazulifkmundip@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-4999>.

Author contributions: study conception and design: *all authors*; data collection: *Simanjuntak R.R.*; analysis and interpretation of results: *all authors*; bibliography compilation and referencing: *Simanjuntak R.R., Nurjazuli*; draft manuscript preparation: *all authors*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: This study was approved by the Health Research Ethics Committee (KEPK), Health Research and Development Agency (BPPK), Indonesian Health Ministry, No. LB.02.01/2/KE.169/2021.

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: August 11, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025

Сведения об авторах:

✉ **Симанджунтак** Рохани Ретнаули, магистр общественного здравоохранения, докторантура факультета общественного здравоохранения университета Дипонегоро; e-mail: retnauli@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7515-7420>.

Картини Апоина, доктор философии, кафедра общественного питания факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро; e-mail: apoinakartini@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4845-3730>.

Картасурья Марта Ирен, доктор философии, профессор кафедры общественного питания факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро; e-mail: marthakartasurya@live.undip.ac.id; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5177-233X>.

Нурджазули, доктор философии, кафедра гигиены окружающей среды факультета общественного здравоохранения Университета Дипонегоро; e-mail: nurjazulifkmundip@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-4999>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *все авторы*; сбор данных: *Симанджунтак Р.Р.*; анализ и интерпретация результатов: *все авторы*; обзор литературы: *Симанджунтак Р.Р., Нурджазули*; подготовка рукописи: *все авторы*. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование было одобрено Комитетом по этике медицинских исследований Агентства медицинских исследований и разработок Министерства здравоохранения Индонезии, № LB.02.01/2/KE.169/2021.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 11.08.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25



© Коллектив авторов, 2025

УДК 613.34:543.3-628.1

Сравнительный анализ химического состава питьевой воды муниципальных центров Тюменской области

Л.А. Миняйло¹, Т.Я. Корчина², А.Д. Люпина, В.И. Корчин²¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»,
ул. Рознина, д. 72, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация² БУ ВО «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,
ул. Мира, д. 40, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация

Резюме

Введение. Доказана тесная связь между химическим составом употребляемой воды и элементной структурой организма человека.

Цель исследования: сравнительная физиолого-гигиеническая оценка химического состава питьевой воды в городах Тюмени, Ханты-Мансийске и Салехарде.

Материалы и методы. С июня по сентябрь 2024 г. методом атомно-абсорбционной спектроскопии и капиллярного электрофореза в 60 пробах водопроводной воды – по 20 из городов Тюмени, Ханты-Мансийска и Салехарда – выявляли содержание Ca, Mg, Cu, Zn, Se и Fe. Результаты сравнивали с предельно допустимой концентрацией гигиенических нормативов и с нормативами физиологической полноценности питьевой воды (по данным ВОЗ).

Результаты. Концентрация Ca во всех анализах воды в 2,4–7,3 раза была ниже физиологического диапазона, с наименьшим содержанием в Салехарде, а наибольшим – в Тюмени ($p < 0,001$). Концентрация Mg была ниже значений физиологической полноценности в 4,6–5,5 раза во всех пробах воды. Во много раз меньше физиологического диапазона зарегистрирована концентрация Cu, Zn и Se во всех анализах воды с достоверным превышением по Zn и Se в Тюмени над Ханты-Мансийском ($p = 0,020$ и $p < 0,001$) и Салехардом ($p = 0,005$ и $p < 0,001$) соответственно. Содержание Fe в воде Тюмени было в 4 раза меньше ПДК, в Ханты-Мансийске – у верхней границы, в Салехарде – выше ПДК.

Заключение. Содержание химических элементов Ca, Mg, Cu, Zn и Se в исследованных пробах воды на территории городов Тюмени, Ханты-Мансийска и Салехарда не превышает предельно допустимых концентраций, но при этом выявлено содержание данных биоэлементов ниже норматива физиологической полноценности. В г. Салехарде концентрация железа в водопроводной воде превысила уровень ПДК и нормативное значение, рекомендованное ВОЗ.

Ключевые слова: северный регион, водопроводная вода, кальций, магний, медь, цинк, селен, железо, окислительный стресс.

Для цитирования: Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Люпина А.Д., Корчин В.И. Сравнительный анализ химического состава питьевой воды муниципальных центров Тюменской области // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 26–32. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-26-32

Comparative Analysis of the Chemical Composition of Drinking Water in Municipalities of the Tyumen Region

Larisa A. Minyailo,¹ Tatyana Ya. Korchina,² Alexandra D. Lyupina, Vladimir I. Korchin²¹ Center for Hygiene and Epidemiology in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra,
72 Roznin Street, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation² Khanty-Mansiysk State Medical Academy, 40 Mira Street, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation

Summary

Introduction: A close relationship between the chemical composition of consumed water and the elemental structure of the human body has been proven.

Objective: A comparative physiological and hygienic assessment of the chemical composition of drinking water in the cities of Tyumen, Khanty-Mansiysk, and Salekhard.

Materials and Methods: From June to September 2024, 60 samples of tap water taken from three cities of the Tyumen Region were tested using atomic absorption spectrometry and capillary electrophoresis to determine Ca, Mg, Cu, Zn, Se, and Fe levels. The results were then compared with the maximum allowable concentrations of the chemicals and WHO drinking water health-based values.

Results: Calcium concentrations in all water samples were 2.4–7.3 times lower than the recommended range, with the lowest levels found in Salekhard and the highest in Tyumen ($p < 0.001$). Magnesium concentrations were also 4.6 to 5.5 times below the health-based value in all samples. Copper, zinc, and selenium levels were many times lower than the recommended ranges, with a significant excess of those for Zn and Se in Tyumen over those in Khanty-Mansiysk ($p = 0.020$ and $p < 0.001$) and Salekhard ($p = 0.005$ and $p < 0.001$), respectively. Iron concentrations in drinking water in Tyumen were 4 times lower than the maximum allowable level, in Khanty-Mansiysk they were at the upper limit, and in Salekhard they exceeded it.

Conclusions: Ca, Mg, Cu, Zn, and Se concentrations in the water samples from the cities of Tyumen, Khanty-Mansiysk, and Salekhard do not exceed permissible values but they fail to comply with the recommended levels. In Salekhard, iron concentrations in tap water exceeded both the permissible and recommended levels.

Keywords: northern region, tap water, calcium, magnesium, copper, zinc, selenium, iron, oxidative stress.

Cite as: Minyailo LA, Korchina TYa, Lyupina AD, Korchin VI. Comparative analysis of the chemical composition of drinking water in municipalities of the Tyumen Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):26–32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-26-32

Введение. Север, а особенно Арктика, является важнейшим экономическим и военно-стратегическим регионом Российской Федерации. Российский Север обладает мощной промышленностью, объем промышленного производства которой существенно выше показателей остальных северных стран [1]. Расположенная в Западной Сибири Тюменская область включает в себя два ключевых в индустриальном и оборонном плане округа: Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО, столица г. Салехард, 66° северной широты) и Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО, столица г. Ханты-Мансийск, 61° северной широты). Совместно с автономными округами область является главным в Российской Федерации и крупнейшим в мире нефтегазодобывающим регионом, причем добыча подавляющей части нефти осуществляется в ХМАО, а газа – в ЯНАО.

Тюменская область разнотипна с точки зрения экологических и климатических условий: южные ее территории, к которым относится г. Тюмень (57° северной широты), хотя и отнесены к резко континентальному климату, характеризуются умеренно холодной зимой и протяженным теплым периодом года. Находящийся на расстоянии примерно 700 км к северу от Тюмени Ханты-Мансийск отличается более жестким климатом с продолжительной морозной зимой и укороченным весенне-летним сезоном, геомагнитными возмущениями, резкими ветрами, дефицитом солнечного света и др. [2, 3].

Более чем на 2000 км строго на север столица ЯНАО, г. Салехард, удалена от г. Тюмени. Округ отнесен к Арктической зоне Российской Федерации с экстремальным климатом на большей части его территории. Важно отметить расположение г. Салехарда непосредственно на линии Полярного круга со среднегодовой температурой –10 °С. Не вызывает сомнений то обстоятельство, что для решения обширного спектра промышленных и военно-стратегических задач исключительно большое значение имеет состояние здоровья населения, проживающего и работающего в суровых условиях Севера, а тем более Арктики, в значительной степени зависящее от химического состава питьевой воды [4].

Вода является повсеместно встречающимся соединением как в природе, так и в человеческом организме, выполняя роль универсального участника метаболизма для буквально всех обменных процессов. Человек, являясь биосистемой, выполняет роль одного из звеньев трансформационных процессов, в связи с чем химическая структура тела человека непосредственно регулируется как биолого-химическим компонентом природной среды, так и химическими элементами, поступающими с пищей и питьевой водой [5]. Базовым фактором физического здоровья людей считается обеспечение их качественной питьевой водой, являющейся ключевым компонентом жизненных функций [6]. Установлена эксклюзивность химической структуры

водной экосистемы любой местности, при этом состав биоэлементов ее обитателей непосредственно обусловлен содержанием химических элементов в потребляемой воде [7, 8]. Поэтому исследование химической составляющей питьевой воды имеет принципиальное значение для сбора информации о первооснове формирования заболеваний природного происхождения в связи с элементарным статусом жителей конкретной территории [9, 10].

Цель исследования: сравнительная физиолого-гигиеническая оценка химического состава питьевой воды в городах Тюмени, Ханты-Мансийске и Салехарде.

Материалы и методы. С июня по сентябрь 2024 г. методом атомно-абсорбционной спектromетрии на спектрометрах атомно-абсорбционных «КВАНТ-Z. ЭТА-Т» и «МГА-1000», а также методом капиллярного электрофореза на приборном обеспечении «Капель-105М» в 60 пробах водопроводной воды – по 20 из Тюмени, Ханты-Мансийска и Салехарда – определяли содержание кальция (Ca), магния (Mg), меди (Cu), цинка (Zn), селена (Se) и железа (Fe). Отбор воды для анализа проводили после пятиминутного слива в полимерную лабораторную емкость. Анализ проб водопроводной воды выполнялся: в Тюмени в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тюменской области»; в Ханты-Мансийске – в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре»; в Салехарде – в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе».

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Statistica 13.0 и Microsoft Excel. Вычисляли среднее арифметическое значение (M), среднеквадратичное отклонение (σ), минимальное ($\min$) и максимальное ($\max$) значения. Полученные результаты сравнивали с предельно допустимыми концентрациями по СанПиН 1.2.3685–21¹ и нормами физиологической полноценности, рекомендованными ВОЗ². За статистически значимые были приняты различия при $p < 0,05$.

Ограничения исследования: для физиолого-гигиенической оценки химического состава питьевой воды в городах Тюмени, Ханты-Мансийске и Салехарде были дополнительно использованы результаты социально-гигиенического мониторинга.

Результаты. Концентрация исследуемых биоэлементов в водопроводной воде городов Тюменской области, расположенных на различной северной широте, представлена в таблице 1.

Концентрация химических элементов Ca, Mg, Cu, Zn и Se в исследованных пробах воды на территории городов Тюмени, Ханты-Мансийска и Салехарда соответствовала требованиям СанПиН 1.2.3685–21, но при этом выявлено содержание данных биоэлементов ниже норматива физиологической полноценности.

Содержание кальция в питьевой воде в Тюмени ниже верхнего предела физиологического диапазона

¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А.Ю. Поповой от 28 января 2021 г. № 2).

² Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: WHO; 2011. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/.

Таблица 1. Концентрация химических элементов в водопроводной воде городов Тюменской области (мг/л)**Table 1. Measured concentrations of chemicals in tap water of the cities of the Tyumen Region (mg/l)**

Химический элемент / Chemical element	ПДК / MAC	Норматив физиологической полноценности (ВОЗ) / WHO recommended value (WHO)	Тюмень / Tyumen <i>n</i> = 20		Ханты-Мансийск / Khanty-Mansiysk <i>n</i> = 20		Салехард / Salekhard <i>n</i> = 20	
			<i>M</i> ± <i>σ</i>	min↔max	<i>M</i> ± <i>σ</i>	min↔max	<i>M</i> ± <i>σ</i>	min↔max
Ca	80 ¹	20-80 ¹	33,8 ± 0,79	30,1↔38,3	12,3 ± 0,31	9,2↔21,3	10,9 ± 0,32	5,3↔14,1
Mg	50	50	10,8 ± 0,21	9,43↔15,9	10,6 ± 0,14	7,61↔16,3	9,1 ± 0,15	3,52↔17,1
Cu	1,0	1,0	0,04 ± 0,007	0,03↔0,08	0,04 ± 0,006	0,02↔0,06	0,03 ± 0,005	0,02↔0,05
Zn	5,0	4,0	0,09 ± 0,02	0,02↔0,3	0,04 ± 0,005	0,02↔0,07	0,03 ± 0,004	0,006↔0,08
Se	10 ²	10 ²	0,32 ± 0,02	0,13↔0,56	0,11 ± 0,01	0,09↔0,14	0,11 ± 0,01	0,08↔0,14
Fe	0,3	0,3	0,07 ± 0,002	0,06↔0,08	0,24 ± 0,02	0,01↔0,87	0,35 ± 0,042	0,02↔0,95

Примечание: ¹ в СанПиН 1.2.3685–21 нет указаний на ПДК по Ca, но, согласно рекомендациям ВОЗ, в питьевой воде содержание Ca должно быть 20–80 мг/л [18].
² содержание в мкг/л.

Notes: ¹ Russian Sanitary Regulations 1.2.3685–21 specify no guideline value for Ca but the WHO recommended range is 20–80 mg/l [18]; ² in µg/L.

в 2,4 раза, в Ханты-Мансийске – в 6,5 раза, а в Салехарде – в 7,3 раза. Аналогичные показатели мы получили и по магнию, значения концентрации которого также были ниже физиологического диапазона в Тюмени в 4,6 раза, в Ханты-Мансийске – в 5,3 раза, а в Салехарде – в 5,5 раза.

Многократно меньше физиологического диапазона оказалась выявленная нами концентрация меди (Тюмень и Ханты-Мансийск – в 25 раз, Салехард – в 33 раза), цинка (Тюмень – в 44 раза, Ханты-Мансийск – в 100 раз, Салехард – в 133 раза) и селена (Тюмень – в 31,3 раза, Ханты-Мансийск и Салехард – в 90,9 раза) во всех пробах потребляемой воды изучаемых городов Тюменской области.

Качественно по-иному оказалось экспонировано железо: по уровню физиологической полноценности в Тюмени его концентрация в водопроводной воде была в 4 раза меньше, в Ханты-Мансийске – у верхней отметки нормы. В пробах питьевой воды г. Салехарда по требованиям СанПиН его содержание превышало уровень ПДК и норму физиологического диапазона. Поскольку это показатель гигиенической безопасности воды, его повышенные концентрации могут негативно сказаться на здоровье населения.

Обращает на себя внимание достоверно более высокое содержание Ca в анализах воды из самого

южного города области – Тюмени – сравнительно с подобными показателями из Ханты-Мансийска и Салехарда ($p < 0,001$, табл. 2).

При сравнении достоверности отличий между питьевой водой Тюмени и Ханты-Мансийска статистически значимыми оказались 4 из 6 (Ca, Se и Fe – $p < 0,001$ и Zn – $p = 0,020$). Самыми статистически значимыми оказались отличия между Тюменью и Салехардом: мы наблюдали чаще встречаемые статистически значимые отличия – 5 из 6 (Ca, Mg, Se, Fe – $p < 0,001$ и Zn – $p = 0,005$). Наименее достоверно отличались между собой показатели концентрации химических элементов в городах Ханты-Мансийске и Салехарде – всего 3 из 6 (Ca – $p = 0,003$, Mg – $p < 0,001$ и Fe – $p = 0,023$), что показано в таблице 2.

Таким образом, наибольшие отличия были зарегистрированы между городами Тюмень и Салехард как по количеству достоверно отличающихся между двумя выборками показателей, так и по уровню статистической значимости межгрупповых отличий.

Обсуждение. В ходе многочисленных исследований установлено прямое влияние элементного дисбаланса на нарушения метаболизма и формирование широкого спектра заболеваний [11, 12]. В этой связи задачей первостепенной значимости является изучение геохимических особенностей

Таблица 2. Достоверность различий между концентрацией химических элементов в пробах питьевой воды в городах Тюменской области (*p*)**Table 2. Significance of differences between concentrations of chemicals in drinking water samples from the cities of the Tyumen Region (*p*)**

Химический элемент / Chemical element	Пробы питьевой воды городов Тюменской области (<i>n</i> = 60) / Drinking water samples from the cities in the Tyumen Region (<i>n</i> = 60)		
	<i>p</i> ¹ – достоверность различий между питьевой водой Тюмени и Ханты-Мансийска / <i>p</i> ¹ for differences between tap water levels in Tyumen and Khanty-Mansiysk	<i>p</i> ² – достоверность различий между питьевой водой Тюмени и Салехарда / <i>p</i> ² for differences between tap water levels in Tyumen and Salekhard	<i>p</i> ³ – достоверность различий между питьевой водой Ханты-Мансийска и Салехарда / <i>p</i> ³ for differences between tap water levels in Khanty-Mansiysk and Salekhard
Ca	< 0,001	< 0,001	0,003
Mg	0,433	< 0,001	< 0,001
Cu	1,0	0,252	0,208
Zn	0,020	0,005	0,127
Se	< 0,001	< 0,001	1,0
Fe	< 0,001	< 0,001	0,023

каждой территории, которые способны влиять на химико-структурную характеристику ее населения.

Элементный дисбаланс может развиваться в случае дефицита или избытка поступления химических элементов в человеческий организм [13]. Поступающая в организм человека вода является важнейшим источником жизненно необходимых биоэлементов, содержащихся в ней в виде легко ассимилируемых ионов, что первостепенно касается кальция и магния, особенно с учетом того, что практически третья часть от суточной нормы потребления в них способна покрыть физиологически полноценная питьевая вода [9]. В этой связи нашим исследованием констатирована физиологическая неполноценность потребляемой воды во всех трех изучаемых городах: низкое содержание кальция (в 2,4–7,3 раза) и магния (в 4,6–5,5 раза) меньше сравнительно с физиологически оптимальным количеством: по кальцию – 20–80 мг/л, по магнию – 50 мг/л [5] (табл. 1).

Кальций является важнейшим биоэлементом, недостаточная обеспеченность которым может явиться причиной множественных нарушений в жизнедеятельности организма человека. Биоэлемент входит в состав двух тысяч кальций-зависимых ферментов, которые при дефиците поступления кальция в организм человека могут значительно понизить собственную активность [14]. Обращает на себя внимание прогрессивное статистически значимое снижение концентрации кальция по направлению с юга на север Тюменской области. Установлено, что этому способствует ряд климатогеографических факторов: повышение количества осадков и увеличение влажности климата с приближением к Северному Ледовитому океану приводят к уменьшению концентрации солей в дренируемых горных породах и снижению минерализации воды [15, 16]. Такое существенное уменьшение содержания кальция в водопроводной воде Тюмени сравнительно с Ханты-Мансийском (в 2,7 раза) и еще больше с Салехардом (в 3,1 раза) для организма человека усугубляется широко распространенным и прогрессирующим по направлению к Северному полюсу дефицитом тесно связанного с метаболизмом кальция витамина D, основная функция которого заключается в оптимизации всасывания кальция в кишечнике. Доказано, что важнейший источник данного витамина для организма человека – это его синтезирование в коже, напрямую зависящее от активности ультрафиолетового излучения, меняющейся в зависимости от сезона и широты [17–20]. Так, количество солнечных дней в течение года в Тюмени – 85, в Ханты-Мансийске – 57, а в Салехарде – только 45. К тому же важное значение имеет угол стояния солнца над линией горизонта. Установлено, что в Тюмени этот угол составляет 56°, в Ханты-Мансийске – 52°, в Салехарде – 46°, что, наряду с закрытостью почти всего тела у жителей северных регионов из-за холодной погоды, еще в большей степени затрудняет процесс образования витамина D в кожных покровах. Ранее проведенные исследования обеспеченности витамином D жителей тюменского Севера полностью подтверждают

повсеместную распространенность его дефицита у различных возрастных, половых, профессиональных и других групп населения [21].

Важно акцентировать внимание на непосредственной связи метаболизма двух щелочноземельных металлов – кальция и магния. Являясь жизненно необходимым химическим элементом, магний входит в активный центр более 300 ферментных систем, регулирующих обмен макронутриентов, энергии, витаминов B₆ и D и др. [22]. Большим количеством исследований подтверждена связь недостаточности магния в организме человека с увеличенной вероятностью развития большого числа заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, эндокринные, онкологические, иммунные, дисфункции эмоционально-психической сферы, болезни опорно-двигательного аппарата, активизация свободно-радикального окисления и пр. Нелишне подчеркнуть, что долговременный дефицит магния в организме человека увеличивает риск формирования вышеуказанных патологий даже в отдаленный период его жизни [23–25].

Во всех анализах воды из систем водоснабжения исследуемых городов Тюменской области концентрация меди, цинка и селена была значительно меньше ПДК и показателей физиологически полноценной концентрации при достоверно более низком содержании цинка и меди в питьевой воде Ханты-Мансийска и Салехарда сравнительно с водой Тюмени ($p = 0,020–0,001$, табл. 2). Установлено участие меди, цинка и селена во многих биологических функциях живого организма, включая редокс-баланс, путем вхождения в активный центр антиоксидантных ферментов цинк-медь-зависимой супероксиддисмутазы и содержащей селен глутатионпероксидазы [26–29].

Железо является жизненно важным микроэлементом, необходимым для протекания окислительно-восстановительных процессов, внешнего и тканевого дыхания, оптимального функционирования иммунной, нервной систем и пр. При этом неорганические соединения железа при постоянном поступлении даже в незначительных количествах, например с питьевой водой, могут накапливаться в организме, так как биологический период его полувыведения превышает пять лет. Склонность железа к кумуляции предопределяет его токсическое действие, проявляющееся проокислительными свойствами, одновременно пищевое железо подобным действием не обладает [12]. В нашем исследовании установлено статистически значимо более низкое содержание железа в питьевой воде Тюмени: в 3,4 и 5 раз меньше относительно подобных показателей в Ханты-Мансийске и в Салехарде, что можно объяснить геохимическими особенностями местности и широко распространенным увеличением его концентрации в поверхностных и подземных водах тюменского Севера [10].

Безусловно, сдвиг баланса окислительно-антиокислительного равновесия в сторону свободнорадикального окисления может послужить причиной запуска процессов повреждения клеточных мембран активными формами кислорода и детерминировать

формирование более двухсот патогенетически связанных с окислительным стрессом заболеваний [30].

Для повышения качества жизни, укрепления и сохранения здоровья населения, с целью профилактики заболеваний, связанных с употреблением питьевой воды с заниженной физиологической ценностью и недоброкачественной воды, необходимо проведение следующих мероприятий:

- организация социально-гигиенического мониторинга качества воды централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения в целях выявления причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения для принятия управленческих решений;
- проведение систематического изучения элементного статуса, обеспеченности организма витаминами-антиоксидантами и состояния окислительного метаболизма с целью последующей коррекции.

Заключение. На основании проведенной сравнительной физиолого-гигиенической оценки химического состава питьевой воды в городах Тюмени, Ханты-Мансийске и Салехарде сделан вывод, что концентрация химических элементов Ca, Mg, Cu, Zn и Se в исследованных пробах воды соответствовала требованиям СанПиН 1.2.3685–21, но при этом выявлено содержание данных биоэлементов ниже норматива физиологической полноценности.

В пробах питьевой воды г. Салехарда установлено превышение ПДК и нормы физиологического диапазона по содержанию железа.

Употребление с питьевой целью воды с повышенной концентрацией железа, обнаруживающего прооксидантные признаки, и существенно малой концентрацией в ней биоэлементов – участников антирадикальной защиты организма – может послужить причиной раннего развития и быстрого прогрессирования большого числа неинфекционных заболеваний.

Таким образом, исходя из полученных нами данных сравнительной оценки химического состава водопроводной воды городов Тюменской области, в наибольшей степени потенциально подвержены вышеназванным заболеваниям будут жители наиболее приближенного к Северному полюсу г. Салехарда, а в наименьшей – расположенного на юге области г. Тюмени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Проворова А.А., Смиреникова Е.В., Уханова А.В. Здоровье населения российской Арктики: проблемы, вызовы и пути их решения // Арктика и Север. 2024. № 55. С. 161–181. doi: 10.37482/issn2221-2698.2024.55.161
- Завьялов Д.А., Самаров А.С. Влияние климатических факторов и условий Крайнего Севера на физическое развитие детей // Материалы V Международной научно-практической конференции «Образовательные технологии в современном учебно-воспитательном пространстве», г. Петрозаводск, 16 декабря 2020 г. С. 8–13.
- Осипова Л.П., Личман Д.В., Холлмарк Б., Карафет Т.М., Сиз Пэн Сан, Уоткинс Дж.С., Хаммер М.Ф. Современная геномика в изучении проблем адаптации человека к климату в высоких широтах Сибири // Научные результаты биомедицинских исследований. 2020. Т. 6. № 3. С. 323–337. doi: 10.18413/2658-6533-2020-6-3-0-4
- Маркова Е.О., Корякина Ю.П., Фаращук Н.Ф., Киган М.А. Влияние химических веществ питьевой воды на здоровье населения // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2023. Т. 22. № 1. С. 239–249. doi: 10.37903/vsgma.2023.1.31 EDN: WBSRHP.
- Корчина Т.Я., Корчин В.И. Сравнительный анализ химического состава природных вод Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 1. С. 27–31. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-1-27-31
- Лапенко В.В., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М. Эколого-физиологическая оценка химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард // Ульяновский медико-биологический журнал. 2020. № 3. С. 159–167. doi: 10.34014/2227-1848-202-3-159-167
- Корчина Т.Я., Киричук А.А., Шарифов М.И. Эколого-физиологическая оценка обеспеченности кальцием и магнием жителей городов Ханты-Мансийск и Салехард // Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2024. № 4. С. 46–53.
- Никанов А.Н., Гудков А.Б., Попова О.Н., Смолина В.С., Чашин В.П. Минеральный состав крови жителей арктического района с низкой минерализацией воды в системах централизованного водоснабжения // Экология человека. 2021. № 3. С. 42–47. doi: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47
- Горбачев А.Л. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения г. Магадана // Микроэлементы в медицине. 2021. № 22 (2). С. 17–24. doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-17-24
- Корчин В.И., Корчина Т.Я., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М., Лапенко В.В., Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения // Журнал медико-биологических исследований. 2021. № 1. С. 77–88. doi: 10.37482/2687-1491-ZO-46
- Корчина Т.Я., Терникова Е.М., Корчин В.И. Оценка обеспеченности биоэлементами, входящими в состав ферментативного звена антиоксидантной системы защиты, у пожилых жителей Ханты-Мансийского автономного округа // Микроэлементы в медицине. 2022. № 23(1). С. 35–40. doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-1-35-40
- Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. Медицинская элементология. М.: РУДН, 2021. 199 с.
- Савко С.А., Гончаров А.П., Лобанов А.А., Андронов С.В., Грабеллис А.Р. Элементный статус взрослого мужского населения Сахалинской области и Республики Саха (Якутия) // Микроэлементы в медицине. 2022. Т. 23 (4). С. 37–45. doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-4-37-45
- Фомичева Т.П., Корчина Т.Я. Обеспеченность кальцием, магнием и витамином D школьников младших классов г. Ханты-Мансийска // Национальный вестник медицинских ассоциаций. 2025. Т. 2. № 2. С. 82–83.
- Виноградова И.А., Варганова Д.В., Матвеева Ю.П., Жукова О.В. Распространенность дефицита кальция в волосах у жителей разного пола и возраста, проживающих в условиях Европейского Севера // Успехи геронтологии. 2023. Т. 36. № 1. С. 109. doi: 10.34922/AE.2023.36.1.014
- Решетняк О. С. Анализ вероятности метаморфизации ионного состава ультрапресных вод арктических рек России // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13, № 3. С. 437–448. doi: 10.25283/2223-4594-2023-3-437-448
- Коденцова В.М., Рисник Д.В. Обеспеченность детей витамином D. Сравнительный анализ способов

- коррекции // Лечащий врач. 2020. № 2. С. 35–43. doi: 10.26295/OS.2020.95.40.007
18. Кострова Г.Н., Малявская С.И., Лебедев А.В. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года // Журнал медико-биологических исследований. 2022. Т. 10. № 1. С. 5–14. doi: 10.37482/2687-1491-Z085
 19. Dominguez LJ, Farruggia M, Veronese N, Barbagallo M. Vitamin D sources, metabolism, and deficiency: Available compounds and guidelines for its treatment. *Metabolites*. 2021;11(4):255. doi: 10.3390/metabo11040255
 20. Riccio P. Vitamin D, the sunshine molecule that makes us strong: What does its current global deficiency imply? *Nutrients*. 2024;16(13):2015. doi: 10.3390/nu16132015
 21. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Федорова Е.П., Дьячков В.В., Грубый О.В., Ратиев А.В. и др. Обеспеченность витамином D различных возрастных групп населения г. Ханты-Мансийска // Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12. № 4. С. 466–474. doi: 10.37482/2687-1491-Z215
 22. Zittermann A, Zelzer S, Herrmann M, Kleber M, Maerz W, Pilz S. Association between magnesium and vitamin D status in adults with high prevalence of vitamin D deficiency and insufficiency. *Eur J Nutr*. 2024;64(1):48. doi: 10.1007/s00394-024-03559-9
 23. Banjanin N, Belojevic G. Relationship of dietary magnesium intake and serum magnesium with hypertension: A review. *Magnes Res*. 2021;34(4):166–171. doi: 10.1684/mrh.2021.0492
 24. Fiorentini D, Cappadone C, Farruggia G, Prata C. Magnesium: Biochemistry, nutrition, detection, and social impact of diseases linked to its deficiency. *Nutrients*. 2021;13(4):1136. doi: 10.3390/nu13041136
 25. Tehrani SS, Khatami SH, Saadat P, et al. Association of serum magnesium levels with risk factors, severity and prognosis in ischemic and hemorrhagic stroke patients. *Caspian J Intern Med*. 2020;11(1):83–91. doi: 10.22088/cjim.11.1.83
 26. Корчина Т.Я., Фомичева Т.П., Ратиев А.В. К вопросу об обеспеченности селеном некоренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Сборник трудов XXVI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования»: в 3 томах. Москва, 25–27 апреля 2025 г. Т. 2. С. 238–241.
 27. Chasapis CT, Ntouna PA, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch Toxicol*. 2020;94(5):1443–1460. doi: 10.1007/s00204-020-02702-9
 28. Jomova K, Makova M, Alomar SY, et al. Essential metals in health and disease. *Chem Biol Interact*. 2022;367:110173. doi: 10.1016/j.cbi.2022.110173
 29. Vázquez-Lorente H, Herrera-Quintana L, Molina-López J, et al. Response of vitamin D after magnesium intervention in a postmenopausal population from the province of Granada, Spain. *Nutrients*. 2020;12(8):2283. doi: 10.3390/nu12082283
 30. Коденцова В.М., Леоненко С.Н., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Сокольников А.А. Обоснование системы эффективной коррекции сочетанной недостаточности микронутриентов // Микроэлементы в медицине. 2022. Т. 23 (3). С. 37–44. doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-3-37-44
 31. Provorova AA, Smirennikova EV, Ukhanova AV. Population health in the Russian Arctic: Problems, challenges, solutions. *Arktika i Sever*. 2024;(55):161–181. (In Russ.) doi: 10.37482/issn2221-2698.2024.55.161
 32. Zavyalov DA, Samarov AS. Influence of climatic factors and conditions of the Far North on the physical development of children. In: *Educational Technologies in the Modern Educational and Upbringing Space: Proceedings of the Russian Methodological and Practical Conference, Petrozavodsk, December 16, 2020*. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership “New Science”; 2020:8–13. (In Russ.)
 33. Osipova LP, Lichman DV, Hallmark B, et al. Modern genomics in studying the problems of human adaptation to climate in North Siberia. *Nauchnye Rezul'taty Biomeditsinskikh Issledovaniy*. 2020;6(3):323–337. (In Russ.) doi: 10.18413/2658-6533-2020-6-3-0-4
 34. Markova EO, Koriakina YuP, Farashchuk NF, Kigan MA. Influence of drinking water chemical substances on public health. *Vestnik Smolenskoй Gosudarstvennoy Meditsinskoy Akademii*. 2023;22(1):239–249. (In Russ.) doi: 10.37903/vsgma.2023.1.31
 35. Korchina TYa, Korchin VI. Comparative analysis of the chemical composition of natural waters in the Khanty-Mansiysky and Yamalo-Nenets Autonomous Districts. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(1):43–47. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-1-43-47
 36. Lapenko VV, Bikbulatova LN, Ternikova EM. Ecological and physiological assessment of the chemical composition of tap water in the cities of Khanty-Mansiysk and Salekhard. *Ulyanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal*. 2020;(3):159–167. (In Russ.) doi: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167
 37. Korchina TYa, Kirichuk AA, Sharifov MI. Ecological and physiological assessment of calcium and magnesium status of residents of Khanty-Mansiysk and Salekhard. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024;(4):46–53. (In Russ.)
 38. Nikanov AN, Gudkov AB, Popova ON, Smolina VS, Chaschin VP. Blood mineral composition in residents of the Arctic region with low water mineralization rates in centralized tap water supply systems. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2021;(3):42–47. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47
 39. Gorbachev AL. Some indicators of the chemical composition of drinking water and their impact on the health of the population of Magadan. *Mikroelementy v Medicine*. 2021;22(2):17–24. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-17-24
 40. Korchin VI, Korchina TYa, Ternikova EM, Bikbulatova LN, Lapenko VV. Influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the health of its population (Review). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2021;9(1):77–88. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z046
 41. Korchina TYa, Ternikova EM, Korchin VI. Assessment of bioelements supply included in the enzymatic link of the antioxidant protection system in the elderly residents of the Khanty-Mansiya Autonomous Area. *Mikroelementy v Meditsine*. 2022;23(1):35–40. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-1-35-40
 42. Skalny AV, Skalnaya MG, Kirichuk AA, Tinkov AA. [Medical Elementology.] Moscow: RUDN University; 2021. (In Russ.)
 43. Savko SA, Goncharov AP, Lobanov AA, Andronov SV, Grabeklis AR. The elemental status of the adult male population of the Sakhalin Region and the Republic of Sakha (Yakutia). *Mikroelementy v Meditsine*. 2022;23(4):37–45. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-4-37-45
 44. Fomicheva TP, Korchina TYa. Provision of primary school children in Khanty-Mansiysk with calcium, magnesium, and vitamin D. *Natsional'nyy Vestnik Meditsinskikh Assotsiatsiy*. 2025;2(2):82–83. (In Russ.)
 45. Vinogradova IA, Varganova DV, Matveeva YuP, Zhukova OV, Lugovaya EA. Prevalence of calcium deficiency in the hair in people at different age and sex living in the European

REFERENCES

- North. *Uspekhi Gerontologii*. 2023;36(1):109-114. (In Russ.) doi: 10.34922/AE.2023.36.1.014
16. Reshetnyak OS. Probability analysis of metamorphization of the ionic composition of ultra-fresh waters of the Arctic rivers of Russia. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2023;13(3):437-448. (In Russ.) doi: 10.25283/2223-4594-2023-3-437-448
 17. Kodentsova VM, Risnik DV. [Vitamin D status of children. Comparative analysis of correction methods.] *Lechashchiy Vrach*. 2020;(2):35-43. (In Russ.) doi: 10.26295/OS.2020.95.40.007
 18. Kostrova GN, Malyavskaya SI, Lebedev AV. Vitamin D levels in residents of Arkhangelsk during different seasons of the year. *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2022;10(1):5-14. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z085
 19. Dominguez LJ, Farruggia M, Veronese N, Barbagallo M. Vitamin D sources, metabolism, and deficiency: Available compounds and guidelines for its treatment. *Metabolites*. 2021;11(4):255. doi: 10.3390/metabo11040255
 20. Riccio P. Vitamin D, the sunshine molecule that makes us strong: What does its current global deficiency imply? *Nutrients*. 2024;16(13):2015. doi: 10.3390/nu16132015
 21. Korchina TYa, Korchin VI, Fedorova EP, et al. Vitamin D status in different age groups of the population of Khanty-Mansiysk. *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2024;12(4):466-474. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z215
 22. Zittermann A, Zelzer S, Herrmann M, Kleber M, Maerz W, Pilz S. Association between magnesium and vitamin D status in adults with high prevalence of vitamin D deficiency and insufficiency. *Eur J Nutr*. 2024;64(1):48. doi: 10.1007/s00394-024-03559-9
 23. Banjanin N, Belojevic G. Relationship of dietary magnesium intake and serum magnesium with hypertension: A review. *Magnes Res*. 2021;34(4):166-171. doi: 10.1684/mrh.2021.0492
 24. Fiorentini D, Cappadone C, Farruggia G, Prata C. Magnesium: Biochemistry, nutrition, detection, and social impact of diseases linked to its deficiency. *Nutrients*. 2021;13(4):1136. doi: 10.3390/nu13041136
 25. Tehrani SS, Khatami SH, Saadat P, et al. Association of serum magnesium levels with risk factors, severity and prognosis in ischemic and hemorrhagic stroke patients. *Caspian J Intern Med*. 2020;11(1):83-91. doi: 10.22088/cjim.11.1.83
 26. Korchina TYa, Fomicheva TP, Ratiev AV. On the issue of selenium availability for non-indigenous residents of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. In: *Relevant Issues of Ecology and Environmental Management: Proceedings of the XXVI International Scientific and Practical Conference, April 25–27, 2025 (in 3 vols.)*. Moscow: RUDN University; 2025;2:238-241. (In Russ.)
 27. Chasapis CT, Ntoupa PA, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch Toxicol*. 2020;94(5):1443-1460. doi: 10.1007/s00204-020-02702-9
 28. Jomova K, Makova M, Alomar SY, et al. Essential metals in health and disease. *Chem Biol Interact*. 2022;367:110173. doi: 10.1016/j.cbi.2022.110173
 29. Vázquez-Lorente H, Herrera-Quintana L, Molina-López J, et al. Response of vitamin D after magnesium intervention in a postmenopausal population from the province of Granada, Spain. *Nutrients*. 2020;12(8):2283. doi: 10.3390/nu12082283
 30. Kodentsova VM, Leonenko SN, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Sokolnikov AA. Development of a system for effective correction of combined micronutrient deficiency. *Mikroelementy v Meditsine*. 2022;23(3):37-44. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2022-23-3-37-44

Сведения об авторах:

✉ **Миняйло** Лариса Анатольевна – к.м.н., заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Корчина Татьяна Яковлевна – д.м.н., профессор кафедры общей и факультетской хирургии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Люпина Александра Дмитриевна – аспирант кафедры медицинской и биологической химии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: lyupina1993@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3556-3136>.

Корчин Владимир Иванович – д.м.н., профессор кафедры физиологии и спортивной медицины БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: vikhmngmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Миняйло Л.А., Люпина А.Д.*; анализ и интерпретация данных: *Корчина Т.Я.*; подготовка проекта рукописи: *Корчин В.И.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки, проведено в БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия».

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

Статья получена: 09.06.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ **Larisa A. Minyailo**, Deputy Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Tatyana Ya. Korchina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of General and Faculty Surgery, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Alexandra D. Lyupina, Postgraduate student, Department of Medical and Biological Chemistry, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: lyupina1993@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3556-3136>.

Vladimir I. Korchin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: vikhmngmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

Author contributions: study conception and design: *Minyailo L.A., Lyupina A.D.*; analysis and interpretation of results: *Korchina T.Ya.*; draft manuscript preparation: *Korchin V.I.* 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 and was conducted in the Khanty-Mansiysk State Medical Academy.

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

Received: June 9, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Эмпирическое изучение учебной активности обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Е.А. Дубровина

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, 117513, Российская Федерация

Резюме

Введение. Малоизученными остаются вопросы обучения детей с ограниченными возможностями здоровья в классах с одинаковыми и разными заболеваниями, а также поиск оптимальных условий для развития их учебной активности.

Цель исследования: провести гигиеническую оценку и определить, насколько активно и эффективно обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья вовлечены в учебный процесс.

Материалы и методы. В исследовании, проведенном с февраля по май 2022 г. в Москве и Московской области, участвовали 65 учащихся из 8 классов-комплектов начальной ступени обучения с нарушением интеллекта, задержкой психического развития, нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями слуха и речи, расстройством аутистического спектра и тяжелыми множественными нарушениями развития. Выборку составили 8 классов: 4 класса с разными нозологиями ($N = 31$) и 4 класса с одной ($N = 34$). В качестве основного метода был выбран хронометраж. Были разработаны специальные протоколы, фиксирующие длительность и последовательность элементов учебной активности на уроке. Вводные данные включали степень обучения, день недели, предмет и его содержание.

Результаты. Дети, обучающиеся в классах со схожими нозологиями, демонстрируют более длительную концентрацию на задании, меньшую отвлекаемость и реже нуждаются в смене деятельности (Mann – Whitney U -test $U = 312,5$, $p = 0,002$; Mann – Whitney U -test $U = 270,0$, $p = 0,001$ и Mann – Whitney U -test $U = 362$, $p = 0,004$ соответственно), более активны на уроке (вариация активности в диапазоне 83–100 %), чем дети в классе с различными видами нарушения (вариация активности в диапазоне 23–75 %) ($p < 0,05$).

Заключение. Анализ показал, что ученики со схожими нозологиями в специализированных учреждениях демонстрируют более высокую успеваемость по сравнению с детьми в классах с различными заболеваниями.

Ключевые слова: обучение, дети с ограниченными возможностями здоровья, психическая активность обучающихся, образовательные модели, условия обучения

Для цитирования: Дубровина Е.А. Эмпирическое изучение учебной активности обучающихся с ограниченными возможностями здоровья // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 33–42. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-33-42

Empirical Study of Learning Activities of Students with Disabilities

Ekaterina A. Dubrovina

N.I. Pirogov Russian National Research Medical University,
Bldg 6, 1 Ostrovityanov Street, Moscow, 117513, Russian Federation

Summary

Introduction: Issues of teaching children with special educational needs in classes attended by students with similar or different disabilities, as well as the search for optimal conditions for developing their learning activities, remain poorly understood.

Objective: To establish intensity and efficiency of involvement of students with disabilities in the learning process.

Materials and Methods: The study was conducted in February to May 2022 in Moscow and the Moscow Region involving 65 elementary school students with intellectual disabilities, mental retardation, musculoskeletal disorders, hearing and speech disorders, autism spectrum disorder, and severe multiple developmental disorders. The sample consisted of four classes of children with different health conditions ($n = 31$) and four classes of those with the same condition ($n = 34$). Timing was the primary method. Special protocols were developed for this study to record the duration and sequence of learning activity elements during the lesson. Input data included the grade, day of the week, subject, and its content.

Results: Children grouped by disability demonstrated longer concentration on tasks, were less easily distracted, and required rarer activity changes (Mann–Whitney U test: $U = 312,5$, $p = 0.002$; $U = 270,0$, $p = 0.001$; and $U = 362$, $p = 0.004$, respectively). They were more active during the lessons (activity variation ranged from 83 to 100 %) than children in mixed classes (23 to 75 %) ($p < 0.05$).

Conclusion: The results show that students with similar health conditions attending the same class of a special needs school demonstrate higher academic performance compared to their peers in mixed classes.

Keywords: learning, children with disabilities, mental activity of students, educational models, learning conditions.

Cite as: Dubrovina EA. Empirical study of learning activities of students with disabilities. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):33–42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-33-42

Введение. В настоящее время отмечается неуклонный рост числа детей с ограниченными возможностями здоровья или инвалидностью. Следует отметить, что причины роста детской инвалидности носят многофакторный характер и включают в себя: генетические и медико-биологические предпосылки; неблагоприятные социально-гигиенические условия; ухудшение экологической ситуации; снижение репродуктивного здоровья населения; недостаточный уровень ранней диагностики и своевременного лечения заболеваний, способных привести к стойким нарушениям функций организма [1]. Выявлены закономерности факторов образа жизни и связанных с ними функциональных изменений в организме как показателей риска развития хронических неинфекционных заболеваний у лиц молодого возраста [2]. В современной практике нередко наблюдается объединение терминов «инвалид» и «обучающийся с ограниченными возможностями здоровья», что приводит к возникновению различных ошибок, поскольку данные категории не являются тождественными. Согласно Федеральному закону от 24.11.1995 № 181-ФЗ (ред. от 28.06.2021) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»¹, инвалидность присваивается лицу, имеющему стойкое нарушение здоровья, вызванное заболеванием, травмой или врожденным дефектом, которое ограничивает жизнедеятельность и требует социальной поддержки. Официальное признание инвалидности, в том числе категории «ребенок-инвалид» (для лиц младше 18 лет), осуществляется федеральными учреждениями медико-социальной экспертизы. Таким образом, понятие «инвалидность» носит еще и юридический характер. В то же время Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»² определяет обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) как лиц, имеющих подтвержденные психолого-медико-педагогической комиссией (ПМПК) недостатки физического и/или психического развития, препятствующие получению образования без специально созданных условий. Таким образом, к данной категории относятся дети, нуждающиеся в адаптированных образовательных программах и особой организации учебного процесса. Эффективность образовательного процесса для учащихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) зависит от множества факторов, в том числе организации обучения – в частности, комплектования классов по принципу однородности или разнородности нозологий.

Проведенные ранее исследования показали, что дети с инвалидностью и ОВЗ обладают специфическими образовательными потребностями. В настоящее время для эффективного обучения детей с ОВЗ необходимы [3]:

- реализация индивидуального подхода в процессе разработки образовательных программ и обучения;
- создание специальных условий, учитывающих характер и степень выраженности нарушений каждого обучающегося;
- обеспечение комплексной психолого-педагогической поддержки.

Современная система образования постепенно переходит к развитию и широкому внедрению инклюзивной среды, обеспечивающей равные возможности для всех обучающихся, включая детей с ОВЗ [1, 3–9]. Однако необходимо понимать, что эффективность образовательного процесса для учащихся с ОВЗ зависит от множества факторов, среди которых важное место занимает организация обучения – в частности, комплектование классов по принципу однородности или разнородности нозологий [9–14]. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью поиска оптимальных условий для развития учебной активности обучающихся с ОВЗ. На сегодняшний день в педагогической практике существуют разные модели инклюзии: одни образовательные учреждения формируют классы с детьми, имеющими схожие нарушения (например, только с расстройствами аутистического спектра или только с нарушениями слуха), другие объединяют учащихся с различными нозологиями. Предполагается, что обучение в группах с однородной структурой может способствовать более высокой учебной активности за счет адаптированных методик преподавания и психологического комфорта. В статье приведены результаты исследования сравнения уровня учебной активности обучающихся с ОВЗ в классах с одной нозологией и в классах с разными нозологиями. Гипотеза исследования заключается в том, что показатели учебной активности (такие как вовлеченность в образовательный процесс, успеваемость, мотивация к обучению) выше у детей, обучающихся в группах с однотипными нарушениями. Проведенное исследование направлено на углубление понимания факторов, влияющих на учебную активность обучающихся с ОВЗ, и поиск наиболее эффективных моделей их обучения.

Цель исследования: провести гигиеническую оценку и определить, насколько активно и эффективно обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья вовлечены в учебный процесс.

Материалы и методы. Исследование проводилось в рамках выполнения государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации 2022 г. по проекту «Обеспечение комплексного психолого-педагогического сопровождения обучающихся с ограниченными возможностями здоровья», совместно с сотрудниками лаборатории технологий и средств психолого-педагогической реабилитации

¹ Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»: ред. от 28.06.2021 // Консультант Плюс: справочная правовая система. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/ (дата обращения: 10.09.2025).

² Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) // Гарант: офиц. сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ivo.garant.ru/proxy/share?data=q4Og0aLnpN5Pvp_qLYqxjK_xqrzXt9W_qeqZArLotce64KPMuuKp0JDcud-5306wvKPTot-k3qaQosHykfGpt2gyKLbqzqlwLijeKH_LHjruC58pTwnrXks8xNtO6k6rjl8oXxt0CD6YrjjuLH (дата обращения: 30.03.2025).

ФБНУ «Институт коррекционной педагогики» в период с февраля по май 2022 г. в отдельных образовательных организациях на территории г. Москвы и Московской области. В исследовании приняли участие 65 детей из 8 классов-комплектов начальной ступени обучения с нарушением интеллекта, задержкой психического развития (ЗПР), нарушениями опорно-двигательного аппарата (НОДА), нарушениями слуха, нарушениями речи, расстройством аутистического спектра (РАС) и тяжелыми множественными нарушениями развития (ТМНР) (4 класса с разными нозологиями ($N = 31$) и 4 класса с одной нозологией ($N = 34$)). На момент исследования в каждом классе находилось не более 10 детей с различными или схожими нарушениями здоровья.

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами, утвержденными Хельсинкской декларацией (1964) и ее более поздними дополнениями или аналогичными этическими стандартами. Данное исследование требует заключения комитета по биомедицинской этике или иных разрешающих документов. Выписка из протокола ЛЭК ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский университет) № 192 от 27 января 2020 г. предоставлена. Все респонденты были ознакомлены с целями и задачами исследования, а также со всеми возможными рисками и неудобствами. Участие в исследовании для всех респондентов было добровольным, каждый при желании имел право покинуть исследование на любом этапе. Вся личная информация, предоставленная респондентами, не разглашалась, все данные обезличены. Законные представители участников исследования дали письменное согласие на участие в исследовании.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»³ и Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных»⁴ от всех законных представителей участников исследования было получено добровольное информированное письменное согласие, которое включало два блока.

1. Согласие на участие в исследовании. Законные представители были ознакомлены с целями, задачами, методами исследования, потенциальными рисками и дискомфортом. Подчеркивались добровольность участия и право отказаться от участия на любом этапе исследования без каких-либо негативных последствий.

2. Согласие на обработку персональных данных и сведений, составляющих врачебную тайну. Отдельно было получено специальное письменное согласие на сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение и использование обезличенных данных медицинской документации ребенка для целей данного исследования.

Доступ к немаркированным (обезличенным) данным имели только члены исследовательской группы.

Специально для этого исследования были разработаны и адаптированы протоколы исследований для массового и индивидуального хронометража «Характеристика учебной активности учащихся на уроке в классе». Вводные данные протоколов состояли из ступени обучения, дня недели, предмета, урока по расписанию, самого предмета и его содержания. В протоколах указывалась оценка деятельности в виде отметки: вовлеченность в урок (работа ученика), любой вид отвлечения, ответ учителю и покидание класса во время урока. Исследователь одновременно наблюдал за деятельностью учеников в классе и каждые 2 минуты вел учет числа работающих и не работающих учащихся, пользуясь хронокартой. Для фиксации временных периодов использовался секундомер мобильного телефона.

Обработка и анализ данных хронокарты включал подсчет количества отметок «+» (работает), «-» (не работает), «От» (отвечает учителю), «У» (ушел из класса) по горизонтали и вертикали. В целом общее количество отметок принималось за 100 %. Активность учеников на уроке определялась отношением количества отметок «+» (работает) и «От» (отвечает учителю) к общему числу отметок, выраженному в процентах.

По данным медицинской документации дети, обучающиеся в классах с разными нозологиями, имели различные патологические нарушения, такие как:

1) задержка психического развития, сходящее содружественное косоглазие, гиперметропия слабой степени, дизартрия;

2) задержка речевого развития, синдром дефицита внимания и гиперактивности, гипертрофия аденоидов и миндалин, аутизм;

3) гиперметропия слабой степени, астигматизм, минимальная мозговая дисфункция, задержка речевого развития, аутизм;

4) задержка психического развития;

5) резидуальная энцефалопатия, дизартрия, миопия слабой степени, смешанная амблиопия;

6) детский церебральный паралич, правосторонний гемипарез, эпилепсия, задержка психомоторного развития;

7) дисфолия функциональная, плоскостопие;

8) аутизм, синдром вегетативной дисфункции, атония слухоречевого аппарата.

В то время как по данным медицинской документации дети, обучающиеся в классах с одинаковой или схожей нозологией, имели менее различные патологические нарушения, такие как различные патологические нарушения, такие как:

1) задержка психического развития, двусторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени;

2) двусторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени;

3) двусторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени;

³ Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 24.02.2024) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 05.06.2025).

⁴ Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «О персональных данных». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 05.06.2025).

- 4) двусторонняя нейросенсорная глухота, дизартрия;
- 5) двусторонняя сенсоневральная тугоухость II степени;
- 6) двусторонняя сенсоневральная тугоухость II степени, энцефалопатия;
- 7) нарушение речевого развития, двусторонняя сенсоневральная тугоухость II степени, энцефалопатия;
- 8) двусторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени; нарушение речевого развития, энцефалопатия.

Описательная статистика была выполнена для всех анализируемых показателей в зависимости от типа переменной: при анализе количественных переменных вычислялись среднее арифметическое, стандартное отклонение, среднеквадратичное отклонение, минимальное и максимальное значение, а при анализе качественных переменных – частота и доля (в %) от общего числа. Ряд полученных данных был представлен в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – среднеквадратичное отклонение, которое описывает характерный разброс величины с использованием пакета статистических программ Statistica 12.0 для Windows.

Статистический анализ осуществлялся в зависимости от распределения выборочной совокупности при помощи непараметрических критериев: критерий Манна – Уитни (Mann–Whitney U -test) (сравнение парных независимых групп).

Ограничения исследования

1. Небольшой размер (65 человек) и географическая ограниченность (Москва и Московская область).

2. Отсутствие контроля над другими переменными (например, квалификация учителей), которые могли повлиять на результат.

3. Основной метод (хронометраж) может быть субъективным и не отражает глубину и качество усвоения материала, фиксируя лишь внешнюю активность.

4. Выявленные связи являются корреляционными, а не причинно-следственными. Вывод о более высокой успеваемости напрямую из данных об активности не совсем корректен.

Результаты. Методом хронометража удалось получить следующие данные: продолжительность конкретной деятельности у каждого ребенка и ее чередование; плотность занятий ребенка; плотность конкретных учебных элементов деятельности детей; количество микропауз, отвлечений, самопроизвольных перерывов.

Полученные данные исследования продолжительности конкретной деятельности и ее чередования среди детей, обучающихся в разных классах, демонстрируют, что дети, обучающиеся в классах со схожими нозологиями, демонстрируют более длительную концентрацию на задании, меньшую отвлекаемость и реже нуждаются в смене деятельности (Mann–Whitney U -test $U = 312,5$, $p = 0,002$; Mann–Whitney U -test $U = 270,0$, $p = 0,001$ и Mann–Whitney U -test $U = 362$, $p = 0,004$ соответственно) (табл. 1). В то же время среди обучающихся

в классах с разными нозологиями чаще происходят переключения, что может быть связано с разным темпом работы и адаптационными возможностями (табл. 1).

Сравнительный анализ плотности занятий (процент времени активной работы от общего времени урока) демонстрирует, что в классах со схожей нозологией плотность занятий выше (75 ± 10 % по сравнению с классами с разными нозологиями – 62 ± 12 %), что, в свою очередь, может объясняться более однородными методиками преподавания (Mann–Whitney U -test $U = 305$, $p = 0,003$) (табл. 1). Следует отметить, что в классах с разными нозологиями значительная часть времени уходит на индивидуальные объяснения и адаптацию учебных заданий под нужды каждого ученика. Схожие данные получены при анализе плотности конкретных учебных элементов деятельности: так, в классах с однородными нозологиями эффективнее используется время для учебных задач, в то время как в классах с разными нозологиями значительная часть времени расходуется на вводные инструкции, повторение, индивидуальную помощь (68 ± 9 и 55 ± 11 % соответственно) (Mann–Whitney U -test $U = 290,5$, $p = 0,001$) (табл. 1).

Анализ количества микропауз, отвлечений и самопроизвольных перерывов демонстрирует, что дети в классах с разными нозологиями чаще отвлекаются (Mann–Whitney U -test $U = 260$, $p = 0,001$), что может быть связано с разной утомляемостью и особенностями нозологий, в то время как в классах со схожей нозологией дисциплина и концентрация выше (что, вероятно, связано с адаптацией обучающихся методик под схожие потребности) (табл. 1). Также в группе обучающихся в классах с разными нозологиями отмечено увеличение длительности паузы между заданиями по сравнению с обучающимися в классах со схожей нозологией (Mann–Whitney U -test $U = 280,0$, $p = 0,002$) (табл. 1).

Таким образом, можно предположить, что классы с однородным составом по нозологиям более эффективны с точки зрения организации учебного процесса, а также что однородность группы положительно влияет на устойчивость внимания и эффективность обучения.

Согласно полученным данным, в классах с разными нозологиями количество отметок «+» (работает) и «От» (отвечает учителю) составило 172 и 24 соответственно (среднее значение $5,4 \pm 2,9$ и $1,9 \pm 0,9$ соответственно). В классах со схожими нозологиями количество отметок «+» (работает) и «От» (отвечает учителю) составило 582 и 66 соответственно (среднее значение $17,6 \pm 2,2$ и $2,0 \pm 1,2$ соответственно). Согласно данным сравнительного анализа выявлено, что в классах со схожей нозологией число отметок «+» (работает) и «От» (отвечает учителю) статистически значимо выше, по сравнению с классами, где обучаются дети с различными нозологиями (Mann–Whitney U -test $U = 4$, $p < 0,0001$ и Mann–Whitney U -test $U = 205,5$, $p = 0,00214$ соответственно) (рисунок). Наряду с этим следует отметить, что в классах с разными нозологиями значительно выше количество отметок

Таблица 1. Анализ продолжительности конкретной деятельности и ее чередования у обучающихся в классах со смешанной и схожей нозологией

Table 1. Duration of specific activities and their alternation in students in classes with mixed and similar nosologies

Показатель / Indicator	Классы со смешанной нозологией (n = 32) / Classes with mixed disabilities (n = 32)	Классы со схожей нозологией (n = 33) / Classes with similar disabilities (n = 33)	Статистическая значимость различий (Mann – Whitney U-test, p) / Statistical significance of the differences (Mann-Whitney U-test, p)
Средняя длительность непрерывной работы (мин) / Mean duration of continuous work (min)	8,2 ± 2,1	12,5 ± 3,4	U = 312,5 p = 0,002
Частота смены деятельности (раз за урок) / Frequency of activity changes (times per lesson)	5,8 ± 1,2	4,1 ± 0,9	U = 270,0 p = 0,001
Время на переключение между заданиями (сек) / Time to switch between tasks (seconds)	25 ± 8	18 ± 6	U = 362 p = 0,004
Средняя плотность занятий (%) / Mean learning density (%)	62 % ± 12 %	75 % ± 10 %	U = 305 p = 0,003
Плотность учебных элементов (%) / Density of learning elements (%)	55 % ± 11 %	68 % ± 9 %	U = 290,5 p = 0,001
Среднее число отвлечений за урок / Mean number of distractions per lesson	9,5 ± 3,2	6,1 ± 2,4	U = 260 p = 0,001
Длительность микропауз (сек) / Duration of micropauses (seconds)	12 ± 5	8 ± 3	U = 280,0 p = 0,002
Самопроизвольные перерывы (раз за урок) / Spontaneous breaks (times per lesson)	4,2 ± 1,5	2,8 ± 1,1	U = 317 p = 0,001

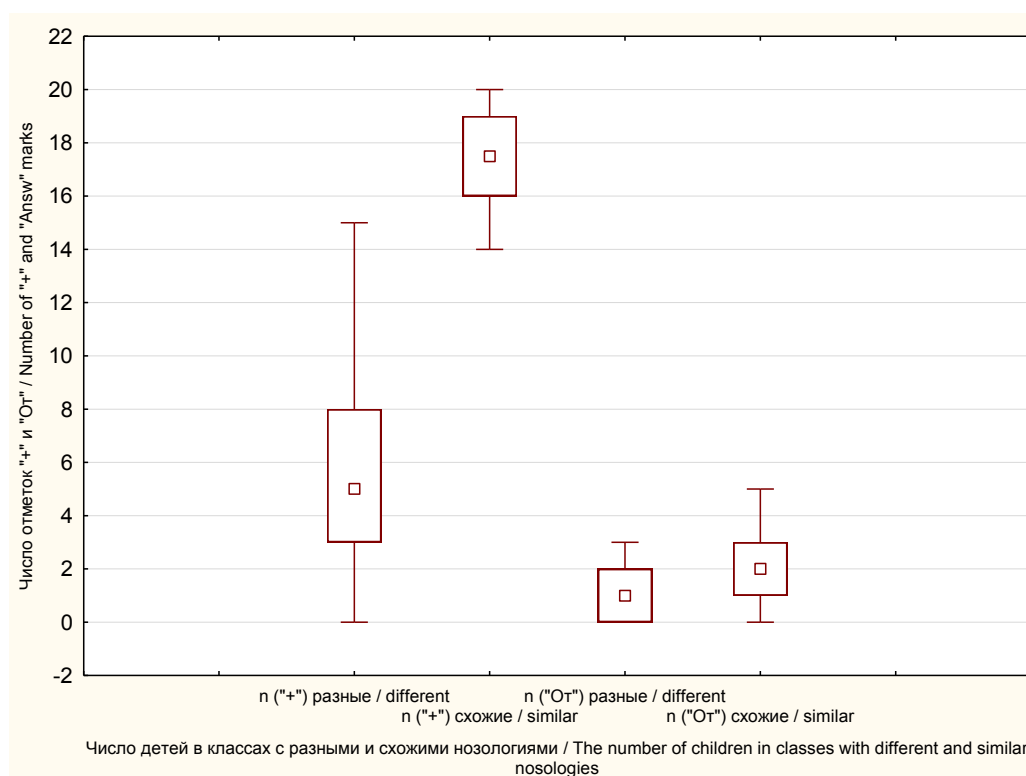


Рисунок. Сравнительный анализ учебной активности детей, обучающихся в классах с разными и схожими нозологиями (Блок-схема получена путем анализа данных в Statistica 12.0 для Windows)

Figure. Comparative analysis of learning activities of children studying together with students with different and similar nosologies (The flowchart was obtained by analyzing data in Statistica v.12.0 for Windows)

Примечание: n – число отметок «+» и «От» для детей, обучающихся в классах с разными и схожими нозологиями соответственно.

Note: n is the number of «+» and «От» marks for children studying in classes with different and similar nosologies, respectively.

Таблица 2. Анализ характеристики учебной активности обучающихся на уроке в классах со смешанной и схожей нозологией**Table 2. Learning activities of students during the lesson in classes of children with mixed and similar nosology**

Показатель активности (отношение количества отметок «+» и «От» к общему числу отметок), % / Activity indicator (ratio of the number of "+" and "From" marks to the total number of marks), %	
Классы со смешанной нозологией (n = 32) / Classes with mixed nosology (n = 32)	Классы со схожей нозологией (n = 33) / Classes with similar nosology (n = 33)
31 %	100 %
23 %	85 %
75 %	90 %
45 %	83 %

«–» (не работает) по сравнению с классами со схожими нозологиями ($p < 0,0001$).

Согласно полученным результатам, вариация активности находится в диапазоне 23–75 % в классах с разными нозологиями (средние значения) ($p < 0,05$) (табл. 2), в то время как в классах с одной нозологией вариация активности находится в диапазоне 83–100 % ($p < 0,05$) (табл. 2).

Таким образом, полученные данные демонстрируют более высокую образовательную работоспособность среди детей с ОВЗ, обучающихся в однородной образовательной группе. Дети, обучающиеся в классах со схожими нозологиями, демонстрируют большую учебную активность, в то время как среди обучающихся в классах с разными нозологиями чаще происходят переключения.

Обсуждение. Учебным организациям, выполняющим функциональные обязанности по воспитанию и образованию детей, имеющих инвалидность, необходимо соблюдать гигиенические регламенты и организовывать здоровьесберегающую среду для каждого ребенка. Обучение таких детей возможно вместе со здоровыми школьниками, в отдельных классах-комплектах, групповых формах обучения или в специализированных учреждениях.

Полученные данные демонстрируют значимые различия в учебной активности между группами детей с ОВЗ, обучающихся в классах с разными и схожими нозологиями. Так, согласно данным проведенного исследования для детей, обучающихся в классах со схожими нозологиями (однородный состав группы), характерна более длительная продолжительность непрерывной работы, высокая плотность занятий и учебных элементов, а также меньшее количество отвлечений и самопроизвольных перерывов. При этом необходимо отметить, что для детей, обучающихся в группах с разными нозологиями, требуется больше времени на переключение между заданиями, а также более частая необходимость в смене деятельности, что, вероятно, всего, может быть связано с разным темпом работы, адаптационными возможностями каждого конкретного обучающегося в зависимости от конкретной патологии. Большая эффективность обучения детей в классах со схожими нозологиями при анализе плотности занятий может объясняться однородными методиками преподавания, адаптированными под схожие патологии, в то время как в группе обучающихся в классах с разными нозологиями значительная часть учебного

времени уходит на индивидуальные объяснения и адаптацию заданий, а также на вводные инструкции, повторение, индивидуальную помощь.

Результаты некоторых проведенных ранее исследований детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) показали, что классы с однородным составом позволяют достичь на 20 % более высокой концентрации внимания благодаря использованию специализированных визуальных подсказок [12–15]. Также часть исследований подтверждает, что в классах с различными нозологиями 20–40 % учебного времени тратится на организационные моменты [16–19].

Исходя из полученных данных, а также данных более ранних исследований, при проектировании новых зданий, дополнительных строений и сооружений на территории образовательного учреждения специалистам необходимо учитывать гигиенические нормативы и обеспечивать доступ ко всем услугам. Для беспрепятственного перемещения детей-инвалидов по территории школы и другим объектам, находящимся в школьном владении, должна создаваться доступная среда. Также, учитывая полученные данные, в одном классе недопустимо сочетание более трех нозологических заболеваний. Количество детей в классе зависит от площади учебного помещения, а именно не менее 2,5 м² на ребенка при фронтальных формах занятий и не менее 3,5 м² – при групповых занятиях. Формируют классы-комплекты в зависимости от категории обучающихся. В структуре образовательных учреждений при организации определенных условий обучения функционируют отдельные комбинированные, они же инклюзивные, классы. Комбинированные классы, включающие детей с различными нозологическими формами, формируются с учетом строгих нормативов численности, направленных на обеспечение качества образовательного процесса. Максимальная наполняемость таких классов варьирует в зависимости от структуры нарушений и степени их выраженности. Так, для групп с наиболее сложными нарушениями максимальная численность класса составляет не более 10 учащихся, при этом не более 3 детей с нарушениями, требующими повышенного внимания и специализированных условий, включая сенсорные нарушения (глухота, слепота); тяжелые двигательные расстройства (НОДА); интеллектуальные нарушения умеренной или тяжелой степени; расстройства аутистического спектра (РАС); сложные

комбинированные дефекты. Для групп с умеренными нарушениями максимальная численность обучающихся составляет не более 15 человек, не более 4 детей с нарушениями, допускающими частичную интеграцию в общий образовательный процесс, таких как слабовидение или функциональные нарушения зрения; тугоухость; тяжелые нарушения речи (ТНР); интеллектуальные нарушения легкой степени. Для групп с легкими нарушениями рекомендована максимальная численность до 17 обучающихся, при этом не более 5 детей с задержкой психического развития (ЗПР) или фонетико-фонематическими нарушениями речи (ФФНР) [4, 5, 20–23]. Данные рекомендации обусловлены необходимостью принципов индивидуализации. Так, ограничение численности направлено на создание условий для реализации персонализированного подхода к каждому ребенку с учетом потребности в адаптации учебных материалов, необходимости регулярной коррекционно-педагогической поддержки, а также личных особенностей коммуникации и социализации. В то же время соблюдение рекомендованной численности обучающихся в классах необходимо для профилактики перегрузки самого педагога [4].

Рациональную плотность урока (% времени, затраченного учениками непосредственно на выполнение учебной работы) необходимо поддерживать на уровне не менее 60 %, но превышать плотность более 75–80 % не рекомендуется. Это обеспечивает баланс между учебной работой и отдыхом, что важно для поддержания внимания и мотивации учеников. Учитель при построении урока должен использовать не менее трех видов преподавания (словесный, наглядный, визуальный, самостоятельная работа ученика), чередуя их не позже, чем через 10–15 минут (СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» табл. 6.6)⁵.

Для классов с разными нозологиями может быть рекомендовано внедрение индивидуализированных учебных маршрутов с гибким таймингом, использование визуальных расписаний и таймеров для сокращения времени переключения, а также регулярные структурированные паузы (каждые 10–15 минут) для снижения утомляемости. Согласно данным некоторых исследований, для классов со схожими нозологиями может быть показано постепенное увеличение длительности заданий (с 12,5 до 15–18 минут) для тренировки устойчивости внимания, а также акцент на углубленное освоение навыков, соответствующих специфике нозологии (например, социальное взаимодействие для детей с РАС) [12–18].

Согласно результатам ряда исследований, можно выделить следующие ключевые проблемы, связанные с обучением детей с ОВЗ в классах с разнородной нозологической группой [23–31]:

- педагогические сложности, связанные с неоднородностью потребностей, необходимостью индивидуальных методик обучения, которые слож-

но (или невозможно) совместить или реализовать в рамках одного урока;

- проблемы, связанные с дефицитом адаптированных материалов, а также необходимостью адаптации образовательного контента для детей с сенсорными, моторными и когнитивными нарушениями (что увеличивает нагрузку и снижает эффективность урока);

- повышенные временные затраты (частые перерывы, смена деятельности, длительное переключение);

- материально-технические проблемы (ограниченность ресурсов, нехватка специализированного оборудования);

- дефицит высококвалифицированных специалистов узкого профиля;

- повышенная отвлекаемость детей с ОВЗ, обучающихся в классах с разными нозологиями, несоответствие темпа работы индивидуальным возможностям учеников;

- эмоциональное выгорание педагогов в связи с необходимостью одновременно учитывать потребности детей с разными нарушениями (что приводит к стрессу и снижению качества преподавания);

- сложности взаимодействия между учениками, несовместимые коммуникативные стратегии учащихся;

- различия в когнитивных и физических возможностях затрудняют выполнение совместных проектов;

- в некоторых случаях единые стандарты оценки не учитывают специфику разных нарушений;

- вместо индивидуальных образовательных программ часто применяется «усредненный» подход.

На основе полученных результатов исследования, а также проанализированной научной литературы можно предложить следующие рекомендации для классов с разными нозологиями (при невозможности сформировать классы со схожими нозологиями) [28–31]:

- внедрение индивидуализированных учебных маршрутов с гибким таймингом;

- использование визуальных расписаний и таймеров с целью постепенного сокращения времени переключения;

- внедрение регулярных структурированных пауз (каждые 10–15 минут) для снижения утомляемости;

- регулярную смену видов деятельности, а также использование индивидуальных заданий.

Также для классов со схожими нозологиями можно порекомендовать:

- постепенное увеличение длительности заданий (с 12,5 до 15–18 минут) для тренировки устойчивости внимания;

- в процессе обучения и социальной адаптации сделать акцент на углубленное освоение навыков, соответствующих специфике нозологии (например, социальное взаимодействие для детей с РАС).

Заключение. Исследование демонстрирует, что структурирование классов по принципу нозологической однородности значительно повышает учебную

⁵ Таблица 6.6 СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ivo.garant.ru/proxy/share?data=q4Og0aLnpN5Pvp_qlYq24LDpuo2U8J695LfQTv068Je19LLNvW537HktdmQyF089P7ApZz8kfbqM55z7T487_wg-K047v9hhD9j-CX_aDz577rpdW10qXUd0C66DkheGz54votuTM (дата обращения: 05.06.2025).

активность учащихся с ОВЗ. По его результатам сформулированы выводы.

- Эффективность учебного процесса статистически значимо выше в однородных группах ($p < 0,05$). Учащиеся в них демонстрируют более устойчивую концентрацию, меньшую отвлекаемость и реже требуют смены видов деятельности.

- В разнородных классах возрастают непроизводительные затраты времени на организационные моменты: индивидуальные объяснения, адаптацию заданий и помощь, что снижает общую эффективность.

- Полученные данные подтверждают преимущество нозологической однородности для устойчивости внимания и эффективности обучения. Результаты применимы для оптимизации образовательных стратегий и инклюзивных практик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтович А.А. Анализ поведенческих рисков у подростков с ограниченными возможностями здоровья, имеющих различные уровни тревожности // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27. № 4. С. 468-474. doi: 10.23888/PAVLOVJ2019274468-474
2. Онищенко Г.Г., Жукова Т.В., Горбачева Н.А. Факторы образа жизни в риске развития хронических неинфекционных заболеваний у лиц молодого возраста (метаанализ данных литературы) // Анализ риска здоровью. 2024. № 4. С. 187-202. doi: 10.21668/health.risk/2024.4.16
3. Резникова Е.В., Будникова Е.С. Реализация индивидуального подхода при обучении детей с ограниченными возможностями здоровья в условиях инклюзии // Вестник ЮУрГПУ. 2018. №7. С. 243-255.
4. Дубровина Е.А. Принципы совершенствования образовательной среды для детей-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2022. Т. 18. № 3. С. 452-458.
5. Милушкина О.Ю., Жамлиханов Н.Х., Григорьева З.А. Технологии диагностики и профилактики нарушений адаптации детей к систематическому обучению // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы. 2019. Т. 3. С. 41-61.
6. Bani Odeh K, Lach LM. Barriers to, and facilitators of, education for children with disabilities worldwide: A descriptive review. *Front Public Health*. 2024;11:1294849. doi: 10.3389/fpubh.2023.1294849
7. Carraro L, Robinson A, Hakeem B, Manlapaz A, Agcaoili R. Disability-related costs of children with disabilities in the Philippines. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(13):6304. doi: 10.3390/ijerph20136304
8. Houtrow A, Harris D, Molinero A, Levin-Decanini T, Robichaud C. Children with disabilities in the United States and the COVID-19 pandemic. *J Pediatr Rehabil Med*. 2020;13(3):415-424. doi: 10.3233/PRM-200769
9. Burke M, Rossetti Z, Li C. The efficacy and impact of a special education legislative advocacy program among parents of children with disabilities. *J Autism Dev Disord*. 2022;52(7):3271-3279. doi: 10.1007/s10803-021-05258-4
10. Шебзухов Д.Р. Психологические аспекты повышения мотивации в обучении у детей с ОВЗ // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей «Инновационные технологии развития образования в пространстве социально-гуманитарных, психолого-педагогических и технических наук». 2024. С. 588-596.
11. Шевелева Д.Е. Обучающие технологии в инклюзивном образовании: возможности конструктивистского подхода в совместном обучении и обучении детей с ОВЗ // Социальная педагогика. 2024. № 3. С. 43-49.
12. Yousef Alsheef M. The effectiveness of a program based on mental imagery on improvement working memory in children with ASD in inclusion classroom. *Appl Neuropsychol Child*. 2023;14(3):281-289. doi: 10.1080/21622965.2023.2292272
13. Benitez Ojeda AB, Carugno P. Special Education. [Updated 2022 Sep 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Accessed April 10, 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499857/>
14. Okyere C, Aldersey HM, Lysaght R, Sulaiman SK. Implementation of inclusive education for children with intellectual and developmental disabilities in African countries: A scoping review. *Disabil Rehabil*. 2019;41(21):2578-2595. doi: 10.1080/09638288.2018.1465132
15. Aspiranti KB, Bebech A, Ruffo B, Skinner CH. Classroom management in self-contained classrooms for children with autism: Extending research on the color wheel system. *Behav Anal Pract*. 2018;12(1):143-153. doi: 10.1007/s40617-018-0264-6
16. Lindeblad E, Nilsson S, Gustafson S, Svensson I. Assistive technology as reading interventions for children with reading impairments with a one-year follow-up. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2017;12(7):713-724. doi: 10.1080/17483107.2016.1253116
17. Crosland K, Dunlap G. Effective strategies for the inclusion of children with autism in general education classrooms. *Behav Modif*. 2012;36(3):251-269. doi: 10.1177/0145445512442682
18. Zakai-Mashiach M. "It is like you are in a golden cage": How autistic students experience special education classrooms in general high schools. *Res Dev Disabil*. 2023;134:104419. doi: 10.1016/j.ridd.2022.104419
19. Navarro-Mateu D, Gómez-Domínguez T, Padrós Cuxart M, Roca-Campos E. Dialogic learning environments that enhance instrumental learning and inclusion of students with special needs in secondary education. *Front Psychol*. 2021;12:662650. doi: 10.3389/fpsyg.2021.662650
20. Симановский А.Э. Организационные модели инклюзивного образования // Материалы научно-практической конференции «Специальное и инклюзивное образование проблемы и перспективы развития». 2022. С. 115-123.
21. Кузма Л.П. Об организации обучения детей с легкими формами психического недоразвития в разновозрастных коррекционных классах сельских школ // Дефектология. 2022. № 4. С. 28-35.
22. Войтович А.А. Научное обоснование влияния образовательной среды на адаптационные процессы организма подростков // Санитарный врач. 2020. № 1. С. 54-59. doi: 10.33920/med-08-2001-07
23. Руссиянова Ю.А. Координирующая роль классного руководителя по сопровождению детей с ОВЗ в классах компенсирующего обучения // Учитель и время. 2023. № 18. С. 40-46.
24. Tryfon M, Anastasia A, Eleni R. Parental perspectives on inclusive education for children with intellectual disabilities in Greece. *Int J Dev Disabil*. 2019;67(6):420-428. doi: 10.1080/20473869.2019.1675429
25. Genovesi E, Jakobsson C, Nugent L, Hanlon C, Hoekstra RA. Stakeholder experiences, attitudes and perspectives on inclusive education for children with developmental disabilities in sub-Saharan Africa: A systematic review of qualitative studies. *Autism*. 2022;26(7):1606-1625. doi: 10.1177/13623613221096208
26. Kabasakal E, Özcebe H, Arslan U. Are the health needs of children with disabilities being met at primary

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-33-42>
Original Research Article

- schools? *J Intellect Disabil.* 2020;24(4):448-458. doi: 10.1177/1744629518818657
27. Kulnazarova G, Namazbaeva Z, Butabayeva L, Tulepova L. Cognitive therapy for children with intellectual disabilities: A new look at social adaptation skills and interpersonal relationships. *Occup Ther Int.* 2023;2023:6466836. doi: 10.1155/2023/6466836
 28. van Dommelen P, van Buren LP, Eekhout I, Verkerk PH. Key developmental milestones helped to identify children with special educational needs and disabilities at an early stage. *Acta Paediatr.* 2023;112(12):2572-2582. doi: 10.1111/apa.16973
 29. Быстрова А.Е. Формирование психологической готовности будущих учителей начальных классов к инклюзивному обучению детей с ОВЗ // Материалы Всероссийской с международным участием студенческой научной конференции «Актуальные проблемы науки: взгляд студентов». 2022. С. 147-150.
 30. Черепенникова Е.А. Дистанционное обучение в начальных классах для детей с ОВЗ // Материалы VIII региональной научно-практической (очно-заочной) конференции «Школа как платформа для успешной социализации обучающихся на уровне профессионального образования». 2023. С. 128-130.
 31. Габдуллина Г.Н. Развитие инклюзивного образования в школе // Наука и практика в образовании: электронный научный журнал. 2024. Т. 5. № 1. С. 8-14. doi: 10.54158/27132838_2024_5_1_8
- ### REFERENCES
1. Voitovich AA. Analysis of behavioral risks in adolescents with health limitations and with different anxiety levels. *Rossiyskiy Mediko-Biologicheskii Vestnik im. Akademika I.P. Pavlova.* 2019;27(4):468-474. (In Russ.) doi: 10.23888/PAVLOVJ2019274468-474
 2. Onishchenko GG, Zhukova TV, Gorbacheva NA, et al. Lifestyle factors in risks of chronic non-communicable diseases in young people (literature meta-analysis). *Health Risk Analysis.* 2024;(4):187-202. doi: 10.21668/health.risk/2024.4.16.eng
 3. Reznikova EV, Budnikova CS. Implementation of individual approach in teaching children with disabilities in terms of inclusion. *Vestnik Chelyabinskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta.* 2018;(7):243-255. (In Russ.) doi: 10.25588/CSPU.2019.75..7..017
 4. Dubrovina EA. Principles of improving the educational environment for disabled children and persons with disabilities (review). *Saratovskiy Nauchno-Meditsinskiy Zhurnal.* 2022;18(3):452-458. (In Russ.)
 5. Milushkina OYu, Zhamlikhanov NKH, Grigoryeva ZA. [Technologies for diagnostics and prevention of disorders of children's adaptation to systematic learning.] In: Gerasimenko NF, Glybochko PV, Esaulenko IE, Popov VI, Starodubov VI, Tutelyan VA, eds. *Youth Health: New Challenges and Prospects. Vol. 3: Health Risk Reduction Technologies. Prevention and Screening. Healthy Eating.* Moscow: "Nauchnaya Kniga" Publ.; 2019:41-61. (In Russ.)
 6. Bani Odeh K, Lach LM. Barriers to, and facilitators of, education for children with disabilities worldwide: A descriptive review. *Front Public Health.* 2024;11:1294849. doi: 10.3389/fpubh.2023.1294849
 7. Carraro L, Robinson A, Hakeem B, Manlapaz A, Agcaoili R. Disability-related costs of children with disabilities in the Philippines. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(13):6304. doi: 10.3390/ijerph20136304
 8. Houtrow A, Harris D, Molinero A, Levin-Decanini T, Robichaud C. Children with disabilities in the United States and the COVID-19 pandemic. *J Pediatr Rehabil Med.* 2020;13(3):415-424. doi: 10.3233/PRM-200769
 9. Burke M, Rossetti Z, Li C. The efficacy and impact of a special education legislative advocacy program among parents of children with disabilities. *J Autism Dev Disord.* 2022;52(7):3271-3279. doi: 10.1007/s10803-021-05258-4
 10. Shebzuhov DR, Kosyachenko VA. Psychological aspects of increasing motivation in learning in children with disabilities. In: Voronkina LB, ed. *Innovative Technologies for the Development of Education in the Space of Social, Humanitarian, Psychological, Pedagogical and Technical Sciences: Proceedings of the First Russian Scientific and Practical Conference of Young Researchers, Yessentuki, February 20, 2024.* Pyatigorsk: Advertising and Information Agency in the Caucasian Mineral Waters Region; 2024:588-596. (In Russ.)
 11. Sheveleva DE. [Educational technologies in inclusive education: The potential of a constructivist approach in collaborative learning and teaching children with disabilities.] *Sotsial'naya Pedagogika.* 2024;(3):43-49. (In Russ.)
 12. Yousef Alsheef M. The effectiveness of a program based on mental imagery on improvement working memory in children with ASD in inclusion classroom. *Appl Neuropsychol Child.* 2023;14(3):281-289. doi: 10.1080/21622965.2023.2292272
 13. Benitez Ojeda AB, Carugno P. Special Education. [Updated 2022 Sep 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Accessed April 10, 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499857/>
 14. Okyere C, Aldersey HM, Lysaght R, Sulaiman SK. Implementation of inclusive education for children with intellectual and developmental disabilities in African countries: A scoping review. *Disabil Rehabil.* 2019;41(21):2578-2595. doi: 10.1080/09638288.2018.1465132
 15. Aspiranti KB, Bebech A, Ruffo B, Skinner CH. Classroom management in self-contained classrooms for children with autism: Extending research on the color wheel system. *Behav Anal Pract.* 2018;12(1):143-153. doi: 10.1007/s40617-018-0264-6
 16. Lindeblad E, Nilsson S, Gustafson S, Svensson I. Assistive technology as reading interventions for children with reading impairments with a one-year follow-up. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2017;12(7):713-724. doi: 10.1080/17483107.2016.1253116
 17. Crosland K, Dunlap G. Effective strategies for the inclusion of children with autism in general education classrooms. *Behav Modif.* 2012;36(3):251-269. doi: 10.1177/0145445512442682
 18. Zakai-Mashiach M. "It is like you are in a golden cage": How autistic students experience special education classrooms in general high schools. *Res Dev Disabil.* 2023;134:104419. doi: 10.1016/j.ridd.2022.104419
 19. Navarro-Mateu D, Gómez-Domínguez T, Padrós Cuxart M, Roca-Campos E. Dialogic learning environments that enhance instrumental learning and inclusion of students with special needs in secondary education. *Front Psychol.* 2021;12:662650. doi: 10.3389/fpsyg.2021.662650
 20. Simanovskij AE. Organizational models of inclusive education. In: Groshenkova VA, Elifant'yeva SS, eds. *Special and Inclusive Education: Problems and Development Prospects: Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Ushinsky Readings", Yaroslavl, March 3-4, 2022.* Yaroslavl: K.D. Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University; 2022:115-123. (In Russ.)
 21. Kuzma LP. About the organization of education of the various aged children with mild forms of mental underdevelopment in the remedial classes in the rural schools. *Defektologiya.* 2022;(4):28-35. (In Russ.)
 22. Voytovich AA. Scientific substantiation of the influence of educational environment on adaptive processes in the

- body of adolescents. *Sanitarnyy Vrach*. 2020;(1):54-59. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2001-07
23. Russiyanova YuA. The coordinating role of a homeroom teacher in supporting children with disabilities in inclusive education classes. *Uchitel' i Vremya*. 2023;(18):40-46. (In Russ.)
 24. Tryfon M, Anastasia A, Eleni R. Parental perspectives on inclusive education for children with intellectual disabilities in Greece. *Int J Dev Disabil*. 2019;67(6):420-428. doi: 10.1080/20473869.2019.1675429
 25. Genovesi E, Jakobsson C, Nugent L, Hanlon C, Hoekstra RA. Stakeholder experiences, attitudes and perspectives on inclusive education for children with developmental disabilities in sub-Saharan Africa: A systematic review of qualitative studies. *Autism*. 2022;26(7):1606-1625. doi: 10.1177/13623613221096208
 26. Kabasakal E, Özcebe H, Arslan U. Are the health needs of children with disabilities being met at primary schools? *J Intellect Disabil*. 2020;24(4):448-458. doi: 10.1177/1744629518818657
 27. Kulnazarova G, Namazbaeva Z, Butabayeva L, Tulepova L. Cognitive therapy for children with intellectual disabilities: A new look at social adaptation skills and interpersonal relationships. *Occup Ther Int*. 2023;2023:6466836. doi: 10.1155/2023/6466836
 28. van Dommelen P, van Buren LP, Eekhout I, Verkerk PH. Key developmental milestones helped to identify children with special educational needs and disabilities at an early stage. *Acta Paediatr*. 2023;112(12):2572-2582. doi: 10.1111/apa.16973
 29. Bystrova AE. Development of future teachers' psychological readiness to inclusive teaching of children with restricted health opportunities. In: *Current Issues of Science: Students' View: Proceedings of the Russian Student Scientific Conference with International Participation, St. Petersburg, January 18, 2022*. St. Petersburg: A.S. Pushkin Leningrad State University; 2022;1:147-150. (In Russ.)
 30. Cherepennikova EA. E-learning in elementary grades for children with disabilities. In: *School as a Platform for Successful Socialization of Students at the level of Vocational Education: Proceedings of the VIII Regional Scientific and Practical (Offline/Online) Conference, Volgograd-Kotovo, February 18, 2022*. Volgograd: Volgograd State Technical University; 2023:128-130. (In Russ.)
 31. Gabdullina GN. Development of inclusive education in the school. *Nauka i Praktika v Obrazovanii: Elektronnyy Nauchnyy Zhurnal*. 2024;5(1):8-14. (In Russ.) doi: 10.54158/27132838_2024_5_1_8

Сведения об авторе:

✉ **Дубровина** Екатерина Александровна, к.м.н. доцент, кафедры гигиены Института профилактической медицины им. З.П. Соловьёва; e-mail: dubrovina_ea@rsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9368-3370>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает исключительную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Соблюдение этических стандартов: представлена выписка из протокола ЛЭК ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский университет) № 192 от 27 января 2020 г.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: у автора нет конфликта интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 29.05.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ **Ekaterina A. Dubrovina**, Cand. Sci. (Med) Associate Professor, Department of Hygiene, Z.P. Solovyov Institute of Preventive Medicine; e-mail: dubrovina_ea@rsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9368-3370>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was provided by the Local Ethics Committee of Pirogov Russian National Research Medical University (protocol No. 192 of January 27, 2020).

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Received: May 29, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Синдром эмоционального выгорания у врачей-специалистов

С.А. Бабанов¹, М.В. Лысова¹, Л.А. Стрижаков², Д.В. Винников³, А.В. Мелентьев⁴,
Е.А. Дарюхина⁵, А.С. Бабанов¹, Н.Ю. Кувшинова¹, Н.А. Острыкова⁶

¹ ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Российская Федерация

² ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»,
пр. Буденного, д. 31, г. Москва, 105275, Российская Федерация

³ Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
пр. аль-Фараби, д. 71, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан

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

⁵ ГБУЗ СО «Самарская городская больница № 5», ул. Республиканская, д. 56, г. Самара, 443051, Российская Федерация

⁶ ФГБУ «СКК Санаторий «Сочинский» Минобороны России, Курортный пр., д. 94,
г. Сочи, Краснодарский край, 354024, Российская Федерация

Резюме

Введение. Известно, что процессу профессионального выгорания подвержены в настоящее время более 80 % врачей по данным статистики.

Цель исследования: изучение особенностей профессионального выгорания у врачей терапевтического и хирургического профиля в специализированном стационаре.

Материал и методы. В исследование включены следующие группы: 1 – врачи-гастроэнтерологи ($n = 52$ человека); 2 – врачи-кардиологи ($n = 58$ человек); 3 – врачи-онкологи терапевтического профиля ($n = 48$ человек); 4 – врачи-хирурги общехирургического профиля ($n = 71$ человек); 5 – врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля ($n = 30$ человек); 6 – врачи – хирурги-онкологи хирургического профиля ($n = 65$ человек); 7 – контрольная: работники инженерно-технических и экономических специальностей ($n = 75$ человек). Оценка уровня профессионального выгорания у медицинских работников проводилась по методике В.В. Бойко. Статистический анализ проводился с использованием языка и среды программирования R v.4.4.1, RStudio 2024.09.1+394. Для сравнения процентов использовали критерий χ^2 .

Результаты. Врачи хирургического профиля характеризуются более быстрым формированием фаз профессионального выгорания. Наиболее высокие риски быстрого формирования фаз с переходом к истощению имели онкологи хирургического профиля. При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей-хирургов сердечно-сосудистого профиля фаза напряжения находилась в стадии формирования у 70,0 % и сформирована у 13,3 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 40,0 % и сформировалась у 43,33 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 96,67 %; врачей со сформировавшейся фазой истощения в этой группе выявлено не было.

Заключение. Знание различий в выраженности показателей профессионального выгорания для разных групп врачей терапевтического и хирургического профиля с учетом специализации может использоваться при составлении программы профилактики профессионального выгорания врачей.

Ключевые слова: профессиональное выгорание, онкологи, кардиологи, хирурги, врачи стационара.

Для цитирования: Бабанов С.А., Лысова М.В., Стрижаков Л.А., Винников Д.В., Мелентьев А.В., Дарюхина Е.А., Бабанов А.С., Кувшинова Н.Ю., Острыкова Н.А. Синдром эмоционального выгорания у врачей-специалистов // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 43–51. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-43-51

Burnout Syndrome in Specialist Doctors

Sergey A. Babanov,¹ Margarita V. Lysova,¹ Leonid A. Strizhakov,² Denis V. Vinnikov,³ Andrey V. Melentev,⁴
Ekaterina A. Daryukhina,⁵ Andrey S. Babanov,¹ Natalia Yu. Kuvshinova,¹ Natalia A. Ostryakova⁶

¹ Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya Street, Samara, 443099, Russian Federation

² Izmerov Scientific Research Institute of Occupational Medicine, 31 Budyonny Avenue, 105275, Moscow, Russian Federation

³ Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan

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

⁵ Samara City Hospital No. 5, 56 Respublikanskaya Street, Samara, 443051, Russian Federation

⁶ Sochinsky Health Resort, 94 Kurortny Avenue, Sochi, Krasnodar Krai, 354024, Russian Federation

Summary

Introduction: According to recent statistics, more than 80 % of medical doctors are currently subject to occupational burnout.

Objective: To study the features of job burnout among physicians and surgeons in a specialized hospital.

Materials and Methods: The study population comprised seven groups consisting of 52 gastroenterologists, 58 cardiologists, 48 medical oncologists, 71 general surgeons, 30 cardiac surgeons, 65 surgical oncologists, and 75 controls of engineering, technical and economic specialties. The level of occupational burnout among medical workers was assessed using the Boyko method. The statistical analysis was carried out using the programming language and environment R v.4.4.1, RStudio 2024.09.1+394. The chi-square test was used to compare the percentages.

Results: Surgeons were noted for a more rapid formation of job burnout phases. Surgical oncologists were at the highest risk of rapid formation of phases leading to exhaustion. When assessing tension, resistance and exhaustion phases

in cardiac surgeons based on the Boyko test, we established that the stress phase was forming in 70.0 % and had formed in 13.3 %, the resistance phase was forming in 40.0 % and had formed in 43.33 %, while the exhaustion phase was forming in 96.67 % of the respondents; no surgeons with an already developed exhaustion phase were identified in this group.

Conclusion: Knowledge of the differences in the severity of occupational burnout for different groups of physicians and surgeons of various specialties can be used in developing burnout prevention programs for health professionals.

Keywords: occupational burnout, oncologists, cardiologists, surgeons, hospital doctors.

Cite as: Babanov SA, Lysova MV, Strizhakov LA, Vinnikov DV, Melentev AV, Daryukhina EA, Babanov AS, Kuvshinova NYu, Ostryakova NA. Burnout syndrome in specialist doctors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):43–51. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-43-51

Введение. Актуальность вопроса профессионального выгорания врачей до сих пор только нарастает. До настоящего времени тестирование по профессиональному выгоранию не проводится на регулярной основе, а только в рамках исследовательских проектов [1–4]. Более 80 % врачей, по данным статистики, выгорели в той или иной мере. Для разработки единой программы диагностики и профилактики профессионального выгорания и внедрения ее в ежегодные предварительные и периодические медицинские осмотры необходимо ответить на ряд вопросов [5–8]. Один из них – это необходимая кратность тестирования. Должна ли она отличаться для врачей разного профиля и специальностей? Ведь на сегодняшний день есть достаточно данных о специальностях, которые в большей степени подвержены профессиональному выгоранию. Aaron L Sussell и соавт. в своем исследовании также поднимают проблему создания специализированных профилактических программ профессионального выгорания в зависимости от специальности [6]. Таким образом, необходимо дальнейшее изучение особенностей формирования профессионального выгорания у врачей разных специальностей для создания специализированных программ диагностики и профилактики профессионального выгорания (ПВ) с учетом полученных данных.

Целью исследования является изучение особенностей профессионального выгорания у врачей терапевтического и хирургического профиля в специализированном стационаре.

Материал и методы. Исследование проведено с января по июль 2024 г. на базе кафедры профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации Владислава Васильевича Косарева ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и отделения профпатологии Областного центра профпатологии ГБУЗ СО «Самарская городская больница № 5». Исследование выполнено в рамках комплексной темы кафедры профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации профессора В.В. Косарева Самарского государственного медицинского университета «Проблемы полиморбидности, диагностика, прогнозирование и профилактика профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у работников при изолированном сочетанном воздействии факторов производственной среды и трудового процесса» (регистрационный номер

124053000016–4, дата постановки на учет 30.05.2024). Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации 23.11.2021.

Ограничения исследования. Исследование имеет региональные (Самарская область) и профессиональные (по детализации условий труда в изучаемых группах сравнения) ограничения.

В исследование включены: 1-я группа – врачи-гастроэнтерологи (ВГ) ($n = 52$ чел.); 2-я группа – врачи-кардиологи (ВК) ($n = 58$ чел.); 3-я группа – врачи-онкологи терапевтического профиля (ВОТП) ($n = 48$ чел.); 4-я группа – врачи-хирурги общехирургического профиля (ВХОП) ($n = 71$ чел.); 5-я группа – врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля (ВХ ССП) ($n = 30$ чел.); 6-я группа – врачи-хирурги-онкологи хирургического профиля (ВОХП) ($n = 65$ чел.); 7-я – контрольная: работники инженерно-технических и экономических специальностей, не связанных по профилю деятельности с работой в медицинских организациях (здоровые) ($n = 75$ чел.).

Средний возраст врачей-гастроэнтерологов $49,8 \pm 10,8$ года. Группа врачей-кардиологов имела средний возраст $50,5 \pm 9,86$, врачей-онкологов терапевтического профиля – $46,8 \pm 10,4$ года. Средний возраст врачей-хирургов общехирургического профиля составил $49,0 \pm 10,2$, у врачей-хирургов сердечно-сосудистого профиля – $48,0 \pm 8,97$, у врачей-онкологов хирургического профиля средний возраст составил $46,0 \pm 11,0$ года. Средний стаж работы в медицине врачей-гастроэнтерологов и врачей-кардиологов составил 27 лет, у врачей-онкологов терапевтического профиля – 24 года. Средний стаж работы в медицине у врачей-хирургов общехирургического профиля составил 26 лет, у врачей-хирургов сердечно-сосудистого профиля – 25 лет, у врачей-онкологов хирургического профиля средний возраст составил 23 года. Врачи представлены следующими возрастными группами: 24–34, 35–44, 45–54, 55–65 лет. У врачей-гастроэнтерологов наибольшая доля представлена в возрастной группе 45–54 лет (0,2), а в остальных группах – 0,1. Наибольшая доля в возрастной группе 55–65 составила 0,2 у врачей-кардиологов, а в остальных возрастных группах – 0,1. У врачей-онкологов терапевтического профиля наибольшая доля – 0,2 – была представлена в возрастной группе 24–34 лет. В группе контроля наибольшая доля составила 0,3 в возрастной группе 35–44 лет, остальные возрастные группы были представлены равными долями по 0,2. У врачей-хирургов общехирургического профиля доли возрастных

групп были выше в диапазонах 45–54 и 55–65 лет (0,2), в то время как остальные возрастные группы составляли 0,1 от общего числа опрашиваемых. У врачей-хирургов сердечно-сосудистого профиля доли в каждой возрастной группе были равнозначны – 0,1. У врачей-онкологов хирургического профиля наименьшая доля была в диапазоне 45–54 лет (0,1), а в остальных группах – 0,2.

Оценка уровня профессионального выгорания у медицинских работников проводилась по методике диагностики уровня профессионального выгорания В.В. Бойко. При этом каждый компонент выгорания диагностируется по четырем признакам, образующим соответствующие шкалы [1].

Статистический анализ проводился с использованием языка и среды программирования RStudio (R v.4.4.1, RStudio 2024.09.1 + 394). Описательная статистика для непрерывных данных рассчитывалась как среднее значение, 95 % доверительные интервалы; для непараметрических данных – медиана, 25 и 75 % квантили и межквартильный диапазон. Хотя данные не соответствовали нормальному распределению, группы были больше 30 наблюдений, что, согласно центральной предельной теореме, позволяет нам использовать среднее значение и 95 % доверительные интервалы для описания переменных. Для сравнения процентов использовали критерий χ^2 . При оценке различий в непараметрических группах данных использовались критерии Манна – Уитни для двух групп сравнения и Краскела – Уоллиса для более чем двух групп.

Результаты исследования. После обработки результатов нами проведены оценка и анализ показателей эмоционального истощения, деперсонализации и редукции личных достижений по методике В.В. Бойко¹ у врачей терапевтического и хирургических специальностей специализированных отделений.

При оценке выраженности ПВ по показателю «общий балл фазы напряжения» выявлено достоверное увеличение показателя в группе врачей-онкологов терапевтического профиля (ТП) $m = 40,0 \pm 12,9$ с 95 % ДИ 36,3–43,7 ($p = 0,003$) по сравнению с группой контроля. В группе врачей-гастроэнтерологов $m = 31,9 \pm 14,0$ с 95 % ДИ 28,0–35,8; ($p = 0,1$) и в группе врачей-кардиологов $m = 34,9 \pm 14,2$ с 95 % ДИ 31,2–54,0 ($p = 0,5$); по сравнению с группой контроля также наблюдалось повышение данного показателя, но оно не было статистически значимым. Установлена достоверная разница при парном сравнении между группами врачей ТП: кардиологи и врачи-онкологи ТП ($p = 0,05$).

В группе врачей хирургического профиля (ХП) нами выявлено достоверное увеличение показателя «общий балл фазы напряжения» в группе врачей-хирургов общехирургического профиля (ОХП) $m = 41,5 \pm 10,7$ с 95 % ДИ 39,0–44,1 ($p = 0,0001$), в группе врачей-хирургов ССП (ССП) $m = 48,4 \pm 10,1$ с 95 % ДИ 44,6–52,1 ($p = 0,0001$) и в группе врачей-онкологов ХП $m = 50,4 \pm 14,5$ с 95 % ДИ 46,8–54,0 ($p = 0,0001$) по сравнению с группой контроля. Также по показателю «общий балл фазы напряжения» было выявлено достоверное увеличение между врачами-хирургами ОХП и врачами-хирургами ССП ($p = 0,05$), между врачами-хирургами ОХП и врачами-онкологами ХП ($p = 0,04$).

При оценке этого же показателя при сравнении между группами врачей терапевтического и хирургического профиля было выявлено статистически значимое повышение показателя «общий балл фазы напряжения» между группами врачей-гастроэнтерологов и врачей-хирургов ОХП ($p = 0,002$), между группами врачей-кардиологов и врачей-хирургов ССП ($p = 0,0007$), между группами врачей-онкологов ТП и врачей-онкологов ХП ($p = 0,04$).

Таблица 1. Результаты теста В. Бойко по показателю «общий балл фазы напряжения» группы врачей терапевтического и хирургического профиля

Table 1. Results of the Boyko test for the total score of the tension phase in the study groups

Группа / Group	<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i> / Median ± standard deviation	Значение 95 % ДИ / 95 % confidence interval	<i>p</i> *	<i>p</i> ^{x-y}
1. Врачи-гастроэнтерологи / Gastroenterologists	52	31,9 ± 14,0	28,0–35,8	0,1	$p^{1-2} = 0,92$ $p^{1-3} = 0,06$ $p^{1-4} = 0,002$
2. Врачи-кардиологи / Cardiologists	58	34,9 ± 14,2	31,2–54,0	0,5	$p^{2-3} = 0,05$ $p^{2-5} = 0,0007$
3. Врачи-онкологи терапевтического профиля / Medical oncologists	48	40,0 ± 12,9	36,3–43,7	0,003	$p^{3-6} = 0,04$
4. Врачи-хирурги общехирургического профиля / General surgeons	71	41,5 ± 10,7	39,0–44,1	0,0001	$p^{4-5} = 0,05$ $p^{4-6} = 0,04$
5. Врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля / Cardiac surgeons	30	48,4 ± 10,1	44,6–52,1	0,0001	$p^{5-6} = 0,1$
6. Врачи-онкологи хирургического профиля / Surgical oncologists	65	50,4 ± 14,5	46,8–54,0	0,0001	$p^{4-6} = 0,04$ $p^{5-6} = 0,1$
Контроль / Controls	75	30,3 ± 13,2	27,2–33,3	–	–

Примечание: *p** – достоверность различий с контрольной группой; *p*^{x-y} – достоверность различий между группами врачей.

Notes: significance of differences **p* – with the control group; *p*^{x-y} – between the appropriate groups of health professionals.

¹ Бойко В.В. Психоэнергетика эмоций. СПб.: Питер, 2008. 409 с.

Таблица 2. Результаты теста В. Бойко по показателю «общий балл фазы резистентности» группы врачей терапевтического и хирургического профиля**Table 2. Results of the Boyko test for the total score of the resistance phase in the study groups**

Группа / Group	<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i> / Median ± standard deviation	Значение 95 % ДИ / 95 % confidence interval	<i>p</i> *	<i>p</i> ^{х-у}
1. Врачи-гастроэнтерологи / Gastroenterologists	52	38,0 ± 14,4	34,0–42,0	1,0	<i>p</i> ¹⁻² = 0,88 <i>p</i> ¹⁻³ = 0,25 <i>p</i> ¹⁻⁴ = 0,03
2. Врачи-кардиологи / Cardiologists	58	41,6 ± 15,3	37,6–45,6	0,64	<i>p</i> ²⁻³ = 0,84 <i>p</i> ²⁻⁵ = 0,04
3. Врачи-онкологи терапевтического профиля / Medical oncologists	48	45,9 ± 17,0	40,9–50,8	0,07	<i>p</i> ³⁻⁶ = 0,07
4. Врачи-хирурги общехирургического профиля / General surgeons	71	48,7 ± 17,3	44,6–52,7	0,001	<i>p</i> ⁴⁻⁵ = 0,99 <i>p</i> ⁴⁻⁶ = 0,56
5. Врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля / Cardiac surgeons	30	51,9 ± 13,5	46,9–57,0	0,0001	<i>p</i> ⁵⁻⁶ = 0,96
6. Врачи-онкологи хирургического профиля / Surgical oncologists	65	54,8 ± 11,7	51,9–57,8	0,0001	<i>p</i> ⁴⁻⁶ = 0,56 <i>p</i> ⁵⁻⁶ = 0,96
Контроль / Controls	75	36,9 ± 13,4	33,8–40,0	–	–

Примечание: *p** – достоверность различий с контрольной группой; *p*^{х-у} – достоверность различий между группами врачей.

Notes: significance of differences **p* – with the control group; *p*^{х-у} – between the appropriate groups of health professionals

При оценке выраженности ПВ по показателю «общий балл фазы резистентности» в группе врачей-гастроэнтерологов *m* = 38,0 ± 14,4 с 95 % ДИ 34,0–42,0 (*p* = 1,0) и в группе врачей-кардиологов *m* = 41,6 ± 15,3 с 95 % ДИ 37,6–45,6 (*p* = 0,64), в группе врачей-онкологов ТП *m* = 45,9 ± 17,0 с 95 % ДИ 40,9–50,8; (*p* = 0,07) по сравнению с группой контроля наблюдалось повышение данного показателя, но оно не было статистически значимым. Также не установлена достоверная разница при парном сравнении между группами врачей ТП (*p* > 0,05).

При оценке ПВ в группе врачей ХП нами выявлено достоверное увеличение показателя «общий балл фазы резистентности» в группе врачей-хирургов ОХП *m* = 48,7 ± 17,3 с 95 % ДИ 44,6–52,7 (*p* = 0,001), в группе врачей-хирургов ССП *m* = 51,9 ± 13,5 с 95 %

ДИ 46,9–57,0 (*p* = 0,0001) и в группе врачей-онкологов ХП *m* = 54,8 ± 11,7 с 95 % ДИ 51,9–57,8 (*p* = 0,0001) по сравнению с группой контроля. По показателю «общий балл фазы резистентности» не было выявлено достоверное увеличение между группами врачей ХП (*p* > 0,05).

При сравнении между группами врачей терапевтического и хирургического профиля было выявлено статистически значимое повышение показателя «общий балл фазы резистентности» между врачами-гастроэнтерологами и врачами-хирургами ОХП (*p* = 0,03) и между врачами-кардиологами и врачами-хирургами ССП (*p* = 0,04).

При оценке выраженности ПВ по показателю «общий балл фазы истощения» наблюдалось достоверное увеличение в группе врачей-онкологов

Таблица 3. Результаты теста В. Бойко по показателю «общий балл фазы истощения» группы врачей терапевтического и хирургического профиля**Table 3. Results of the Boyko test for the total score of the exhaustion phase in the study groups**

Группа / Group	<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i> / Median + standard deviation	Значение 95 % ДИ / Value of the 95 % confidence interval	<i>p</i> *	<i>p</i> ^{х-у}
1. Врачи-гастроэнтерологи / Gastroenterologists	52	31,9 ± 15,8	27,56–36,35	0,99	<i>p</i> ¹⁻² = 0,75 <i>p</i> ¹⁻³ = 0,08 <i>p</i> ¹⁻⁴ = 0,001
2. Врачи-кардиологи / Cardiologists	58	36,3 ± 15,2	32,37–40,38	0,22	<i>p</i> ²⁻³ = 0,76 <i>p</i> ²⁻⁵ = 0,003
3. Врачи-онкологи терапевтического профиля («неоперирующие» онкологи) / Medical oncologists	48	40,7 ± 14,0	36,71–44,87	0,004	<i>p</i> ³⁻⁶ = 0,005
4. Врачи-хирурги общехирургического профиля / General surgeons	71	43,4 ± 11,0	40,78–46,03	0,0001	<i>p</i> ⁴⁻⁵ = 0,17 <i>p</i> ⁴⁻⁶ = 0,01
5. Врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля / Cardiac surgeons	30	49,83 ± 6,26	47,49–52,17	0,0001	<i>p</i> ⁵⁻⁶ = 0,93
6. Врачи-онкологи хирургического профиля / Surgical oncologists	65	51,2 ± 15,6	47,33–55,0	0,0001	<i>p</i> ⁴⁻⁶ = 0,01 <i>p</i> ⁵⁻⁶ = 0,93
Контроль / Controls	75	29,7 ± 13,9	26,53–32,9	–	–

Примечание: *p** – достоверность различий с контрольной группой; *p*^{х-у} – достоверность различий между группами врачей.

Notes: significance of differences **p* – with the control group; *p*^{х-у} – between the appropriate groups of health professionals.

ТП $m = 40,7 \pm 14,0$ с 95 % ДИ 36,71–44,87 ($p = 0,004$) по сравнению с группой контроля.

В группе врачей-гастроэнтерологов $m = 31,9 \pm 15,8$ с 95 % ДИ 27,56–36,35 ($p = 0,99$) и в группе врачей-кардиологов $m = 36,3 \pm 15,2$ с 95 % ДИ 32,37–40,38 ($p = 0,22$) наблюдалось также повышение данного показателя по сравнению с группой контроля, но оно не было статистически значимым. По показателю «общий балл фазы истощения» не установлена достоверная разница при парном сравнении между группами врачей ТП ($p > 0,05$).

При оценке ПВ в группе врачей хирургического профиля нами выявлено достоверное увеличение показателя «общий балл фазы истощения» в группе врачей-хирургов ОХП $m = 43,4 \pm 11,0$ с 95 % ДИ 40,78–46,03 ($p = 0,0001$), в группе врачей-хирургов ССП $m = 49,83 \pm 6,26$ с 95 % ДИ 47,49–52,17 ($p = 0,0001$) и в группе врачей-онкологов ХП $m = 51,2 \pm 15,6$ с 95 % ДИ 47,33–55,06 ($p = 0,0001$) по сравнению с группой контроля. При оценке ПВ по показателю «общий балл фазы истощения» было выявлено достоверное увеличение между группами врачей-хирургов ОХП и группой врачей-онкологов ХП ($p = 0,01$).

Между группами врачей терапевтического и хирургического профиля было выявлено достоверно значимое увеличение показателя «общий балл фазы истощения» между группой врачей-гастроэнтерологов и группой врачей-хирургов ОХП ($p = 0,001$), между группой врачей-кардиологов и группой врачей-хирургов ССП ($p = 0,003$), между группой врачей-онкологов ТП и группой врачей-онкологов ХП ($p = 0,005$).

При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко (табл. 4) у врачей-гастроэнтерологов фаза напряжения находилась в стадии формирования у 40,38 % и сформирована у 1,92 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 32,39 % и сформировалась у 36,62 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 76,06 %, лиц со сформировавшейся фазой истощения выявлено не было.

При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей-кардиологов фаза напряжения находилась в стадии формирования у 48,28 % и сформирована у 1,72 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 41,38 % и сформировалась у 13,79 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 53,45 %, лиц со сформировавшейся фазой истощения выявлено не было.

При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей-онкологов ТП фаза напряжения находилась в стадии формирования у 62,50 % и сформирована у 2,08 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 33,33 % и сформировалась у 29,17 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 68,75 %, лиц со сформировавшейся фазой истощения выявлено не было.

При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко

у врачей-хирургов ОХП фаза напряжения находилась в стадии формирования у 71,83 % и сформирована у 1,41 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 32,39 % и сформировалась у 36,62 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 76,06 %, врачей-хирургов общего хирургического профиля со сформировавшейся фазой истощения выявлено не было.

При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей-хирургов ССП фаза напряжения находилась в стадии формирования у 70,0 % и сформирована у 13,3 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 40,0 % и сформировалась у 43,33 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 96,67 %, врачей со сформировавшейся фазой истощения в этой группе выявлено не было. При оценке сформированности фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей-онкологов ХП фаза напряжения находилась в стадии формирования у 43,08 % и сформирована у 43,02 % опрошенных; фаза резистентности была в стадии формирования у 49,23 % и сформировалась у 47,69 %; фаза истощения находилась в стадии формирования у 40,0 %, сформировавшаяся фаза истощения у 41,54 % врачей-онкологов хирургического профиля.

Обсуждение. Профессиональное выгорание – это психологический синдром, который можно описать как хроническое истощение, которое может быть результатом чрезвычайно стрессовых условий труда, когда стресс человека не управляется должным образом [9]. Проблема профессионального выгорания среди медицинских работников является весьма актуальной и распространенной не только в Российской Федерации, но и за рубежом. От наличия профессионального выгорания зависит эффективность диагностического и лечебного процесса, что, в свою очередь, повышает риск угрозы безопасности жизни пациентов [10]. Полученные нами данные позволяют сделать вывод о различии выраженности фаз у врачей хирургического и терапевтического профиля. Согласно полученным нами данным, врачи хирургического профиля характеризуются более быстрым формированием фаз ПВ, что соотносится с работой О.С. Кобяковой и соавт. [11]. Показатели формирования ПВ врачей-онкологов терапевтического профиля были схожи с особенностями формирования ПВ у врачей-хирургов общехирургического и сердечно-сосудистого профиля. Наиболее высокие риски быстрого формирования фаз с переходом к истощению имели онкологи хирургического профиля. Данная специальность требует особого подхода в диагностике и профилактике ПВ. Работы Vinnikov D. [12], Русских С.В. и соавт. [13] также подтверждают высокие риски ПВ у онкологов и врачей других специальностей [14–18], что определяет необходимость разработки комплексных программ ранней диагностики, профилактики и прогнозирования профессионального выгорания среди врачей данных специальностей. Кроме того, полученные данные свидетельствуют о необходимости

Таблица 4. Сформированность фаз напряжения, резистентности и истощения по тесту В. Бойко у врачей терапевтического и хирургического профиля
Table 4. Results of the Boyko test for the stage of formation of tension, resistance, and exhaustion phases in the study groups

Группы / Groups	n	Фаза напряжения (чел./%) / Tension (n/%)			Фаза резистентности (чел./%) / Resistance (n/%)			Фаза истощения (чел./%) / Exhaustion (n/%)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Врачи-гастроэнтерологи / Gastroenterologists	52	30/57,69	21/40,38	1/1,92	28/53,85	18/34,62	6/11,54	31/59,62	21/40,38	0/0
Врачи-кардиологи / Cardiologists	58	29/50,0	28/48,28	1/1,72	26/44,83	24/41,38	8/13,79	27/46,55	31/53,45	0/0
Врачи-онкологи терапевтического профиля / Medical oncologists	48	17/35,42	30/62,50	1/2,08	18/37,50	16/33,33	14/29,17	15/31,25	33/68,75	0/0
Врачи-хирурги общехирургического профиля / General surgeons	71	19/26,76	51/71,83	1/1,41	22/30,99	23/32,39	26/36,62	17/23,94	54/76,06	0/0
Врачи-хирурги сердечно-сосудистого профиля / Cardiac surgeons	30	5/16,7	21/70,00	4/13,3	5/16,67	12/40,00	13/43,33	1/3,33	29/96,67	0/0
Врачи-онкологи хирургического профиля / Surgical oncologists	65	9/13,85	28/43,08	28/43,02	2/3,08	32/49,23	31/47,69	12/18,46	26/40,00	27/41,54
Контроль / Controls	75	46/61,33	28/37,33	1/1,33	42/56,00	27/36,00	6/8,00	56/74,67	19/25,33	0/0

Примечание: 1 – фаза не сформирована; 2 – фаза в стадии формирования; 3 – фаза сформирована.
Note: 1 – unformed, 2 – forming, 3 – formed phases.

дополнения приказа от № 988н/1420н от 31.12.2020² № 29н 28.01.2021³ частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации⁴, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» [19–22], информативными методиками диагностики профессионального выгорания. Данные исследований [23–27] подтверждают актуальность темы и необходимость доработки существующих документов, касающихся ПВ.

Заключение. Полученные нами данные об особенностях профессионального выгорания среди врачей терапевтических и хирургических специальностей определяют необходимость дальнейших исследований по данной проблематике среди врачей терапевтических и хирургических специальностей, проведение повторных диагностических тестирований в этих группах с разной кратностью. Знание различий в выраженности тех или иных показателей профессионального выгорания для разных групп врачей терапевтического и хирургического профиля с учетом специализации может использоваться при составлении программы профилактики профессионального выгорания врачей. Также анализ и сопоставление полученных данных могут быть

использованы для оптимизации оценки детерминант развития, разработки комплексных диагностических и профилактических мероприятий, направленных на профилактику профессионального выгорания у данных категорий медицинских работников, а также определение результативности использования разработанных рекомендаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонова О.В., Гаврюшин М.Ю., Кувшинова Н.Ю., Острякова Н.А., Бабанов С.А. Профессиональное выгорание медиков: пандемия COVID-19 как фактор опасного влияния на психическое здоровье // Наука и инновации в медицине. 2023. Т. 8. № 1. С. 39–44. doi: 10.35693/2500-1388-2023-8-1-39-44
2. Попов В.И., Марченко Л.О., Левич С.Н., Юсупов В.В., Исаева Е.Р., Чернявский Е.А. Психологическая готовность медицинского персонала к работе по специальности в период эпидемиологического неблагополучия // Вестник психотерапии. 2020. № 76. С. 134–147.
3. Попов В.В., Дьякова Ю.А., Новикова И.А. Факторы профессионального выгорания врачей-терапевтов поликлиник // Гигиена и санитария. 2017. № 3. С. 265–269. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-3-265-269
4. Sussell AL, Yeoman K, Nixon CT, Scott KA, Robinson TS, Poplin GS. US workers' self-reported mental health outcomes by industry and occupation. *JAMA Network Open*. 2025;8(6):e2514212. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.14212

² Приказ от № 988н/1420н от 31.12.2020 «Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры» указанием характера и условий труда, детерминирующих развитие профессионального выгорания у медицинских работников».

³ Приказ № 29н 28.01.2021 «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».

⁴ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 29.09.2025).

5. Lai J, Ma S, Wang Y, *et al.* Factors associated with mental health outcomes among health care workers exposed to coronavirus disease 2019. *JAMA Network Open.* 2020;3(3):e203976. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.3976
6. Han S, Shanafelt TD, Sinsky CA, *et al.* Estimating the attributable cost of physician burnout in the United States. *Ann Intern Med.* 2019;170(11):784-790. doi: 10.7326/m18-1422
7. Schonfeld IS, Bianchi R. Burnout and depression: Two entities or one? *J Clin Psychol.* 2016;72(1):22-37. doi: 10.1002/jclp.22229
8. Мелентьев А.В., Бабанов С.А., Острякова Н.А., Агаркова А.С. Пандемия новой коронавирусной инфекции и эмоциональное выгорание медицинских работников // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 935-939.
9. Мешков Н.А., Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю. и др. Условия труда и факторы риска для здоровья медицинских работников санаторно-курортных организаций // Вестник восстановительной медицины. 2022. Т. 21. № 1. С. 126-136.
10. Гарипова Р.В., Берхеева З.М. Результаты исследования синдрома профессионального выгорания среди медицинских работников центральных районных больниц // Главврач. 2021. № 2. С. 72-76.
11. Кобякова О.С., Левко А.Н., Бахтеева А.В. и др. Профессиональное выгорание врачей: особенности поколений // Российский медицинский журнал. 2021. Т. 27. №3. С. 205-216. doi: 10.17816/0869-2106-2021-27-3-205-216
12. Vinnikov D, Romanova Z, Ussatayeva G, *et al.* Occupational burnout in oncologists in Kazakhstan. *Occup Med (Lond).* 2021;71(8):375-380. doi: 10.1093/occmed/kqab121
13. Русских С.В., Москвичева Л.И., Тарасенко Е.А. и др. Взаимосвязь эмоционального выгорания с удовлетворенностью работой у врачей-онкологов терапевтического и хирургического профилей // Организационная психология. 2023. Т. 13. № 1. С. 9-34. doi: 10.17323/2312-5942-2023-13-1-9-34
14. Худова И.Ю., Улумбекова Г.Э. «Выгорание» у медицинских работников: диагностика, лечение, особенности в эпоху COVID-19 // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. 2021. Т. 7. № 1. С. 42-62. doi: 10.33029/2411-8621-2021-7-1-42-62
15. Кобякова О.С., Левко А.Н., Бахтеева А.В. и др. Профессиональное выгорание врачей: особенности поколений // Российский медицинский журнал. 2021. Т. 27. № 3. С. 205-216. doi: 10.17816/0869-2106-2021-27-3-205-216.
16. Погосова Н.В., Исакова С.С., Соколова О.Ю., Аушева А.К., Жетишева Р.А., Арутюнов А.А. Особенности профессионального выгорания, психологического статуса и качества жизни врачей терапевтического профиля амбулаторно-поликлинического звена здравоохранения // Кардиология. 2021. Т. 61. № 6. С. 69-78. doi: 10.18087/cardio.2021.6.n1538
17. Виноградова М.Т., Горбачева Н.А., Зудин А.Б., Васильева Т.П. Производственные и психосоциальные факторы риска снижения производительности и ухудшения здоровья медицинских работников // Анализ риска здоровья. 2025. № 3. С. 72-82. doi: 10.21668/health.risk/2025.3.08
18. Wu SI, Liu SI, Wu YJ, *et al.* The efficacy of applying the Interpersonal Effectiveness skills of dialectical behavior therapy into communication skills workshop for clinical nurses. *Heliyon.* 2023;9(3):e14066. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14066
19. Denning M, Teng Goh E, Tan B, *et al.* Determinants of burnout and other aspects of psychological well-being in healthcare workers during the Covid-19 pandemic: A multinational cross-sectional study. *PLoS One.* 2021;16(4):e0238666. doi: 10.1371/journal.pone.0238666
20. Семенова Н.В., Вьяльцин А.С., Авдеев Д.Б., Кузюкова А.В., Мартынова Т.С. Эмоциональное выгорание у медицинских работников // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 37-47.
21. Шурыгина А.Д. Исследование тревожности у медицинских работников г. Казани // Бюллетень медицинской науки. 2023. № 3. С. 128-129.
22. Мелентьев А.В., Бабанов С.А., Острякова Н.А., Лаврентьева Н.Е., Лысова М.В. Профессиональное выгорание, тревожность и копинг-стратегии у врачей терапевтических специальностей в период пандемии COVID-19 // Здравоохранение Российской Федерации. 2024. Т. 68. № 3. С. 205-211.
23. Мелентьев А.В., Бабанов С.А., Стрижаков Л.А., Винников Д.В., Острякова Н.А. Проблемы профессионального отбора и эффект здорового рабочего в медицине труда // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 4. С. 394-399. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-394-399
24. Самофалов Д.А., Чигрина В.П., Тюфилин Д.С. и др. Профессиональное выгорание и качество жизни врачей в Российской Федерации в 2021 г. // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание] 2023; Т. 69. № 1. С. 1. doi: 10.21045/2071-5021-2023-69-1-1
25. Шадеркина В.А., Красняк И.В. Профессиональное выгорание врачей: скрытый кризис здравоохранения. Данные интернет-опроса врачей // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2022. Т. 8. № 4. С. 7-20. doi: 10.29188/2712-9217-2022-8-4-7-20
26. Неплюева Г.А., Соловьева А.Е., Кривополенова С.Д. и др. Распространенность синдрома профессионального выгорания среди практикующих кардиологов в субъектах Российской Федерации // Российский кардиологический журнал. 2023. № 28(1S). С. 5320. doi: 10.15829/1560-4071-2023-5320. EDN TABKJG.
27. Болдырева Ю.В., Дубровина О.И., Брагин А.В., Лебедев И.А., Захарчук Е.В., Некрасов Д.А. Синдром эмоционального выгорания как актуальная проблема для врача любой специальности // Уральский медицинский журнал. 2020. № 10 (193). С. 174-178. doi: 10.25694/URMJ.2020.10.33

REFERENCES

1. Sazonova OV, Gavryushin MYu, Kuvshinova NYu, Ostryakova NA, Babanov SA. Professional burnout of medical workers in the era of the COVID-19 pandemic as a risk factor for mental health. *Nauka i Innovatsii v Meditsine.* 2023;8(1):39-44. (In Russ.) doi: 10.35693/2500-1388-2023-8-1-39-44
2. Popov VI, Marchenko LO, Levich SN, Yusupov VV, Isaeva ER, Chernyavsky EA. Psychological readiness of medical personnel to occupational work during the period of epidemiological disease. *Vestnik Psikhoterapii.* 2020;(76):134-147. (In Russ.)
3. Popov VV, Dyakova YuA, Novikova IA. Professional burnout factors in physicians of polyclinics. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(3):265-269. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-3-265-269
4. Sussell AL, Yeoman K, Nixon CT, Scott KA, Robinson TS, Poplin GS. US workers' self-reported mental health outcomes by industry and occupation. *JAMA Network Open.* 2025;8(6):e2514212. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.14212
5. Lai J, Ma S, Wang Y, *et al.* Factors associated with mental health outcomes among health care workers exposed to coronavirus disease 2019. *JAMA Network*

- Open*. 2020;3(3):e203976. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.3976
6. Han S, Shanafelt TD, Sinsky CA, *et al*. Estimating the attributable cost of physician burnout in the United States. *Ann Intern Med*. 2019;170(11):784-790. doi: 10.7326/m18-1422
 7. Schonfeld IS, Bianchi R. Burnout and depression: Two entities or one? *J Clin Psychol*. 2016;72(1):22-37. doi: 10.1002/jclp.22229
 8. Melentev AV, Babanov SA, Ostryakova NA, Agarkova AS. Novel coronavirus pandemic and burnout of healthcare workers. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(8):935-939. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-935-939
 9. Meshkov NA, Fesyun AD, Yakovlev MYu, Rachin AP, Valtseva EA. Medical staff at sanatorium-resort organizations: Working conditions and health risk factors. *Vestnik Vosstanovitel'noy Meditsiny*. 2022;21(1):126-136. (In Russ.)
 10. Garipova RV, Berheeva ZM. Results of research of burnout syndrome among health care workers in central district hospitals. *Glavvrach*. 2021;(2):72-76. (In Russ.)
 11. Kobayakova OS, Levko AN, Bakhteeva AV, *et al*. Occupational burnout of doctors: Characteristics of generations. *Rossiyskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2021;27(3):205-216. (In Russ.) doi: 10.17816/0869-2106-2021-27-3-205-216
 12. Vinnikov D, Romanova Z, Ussatayeva G, *et al*. Occupational burnout in oncologists in Kazakhstan. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(8):375-380. doi: 10.1093/occmed/kqab121
 13. Russkikh SV, Moskvicheva LI, Tarasenko EA, *et al*. The relationship between emotional burnout and job satisfaction among oncologists of therapeutic and surgical profiles. *Organizatsionnaya Psikhologiya*. 2023;13(1):9-34. (In Russ.) doi: 10.17323/2312-5942-2023-13-1-9-34
 14. Khudova IYu, Ulumbekova GE. Healthcare workers "burn-out": Diagnostic, treatment, particularities during epidemic of COVID-19. *ORGZDRAV: Novosti, Mneniya, Obucheniya. Vestnik VShOUZ*. 2021;7(1):42-62. (In Russ.) doi: 10.33029/2411-8621-2021-7-1-42-62
 15. Kobayakova OS, Levko AN, Bakhteeva AV, *et al*. Occupational burnout of doctors: Characteristics of generations. *Rossiyskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2021;27(3):205-216. (In Russ.) doi: 10.17816/0869-2106-2021-27-3-205-216
 16. Pogossova NV, Isakova SS, Sokolova OY, Ausheva AK, Zhetisheva RA, Arutyunov AA. Occupational burnout, psychological status and quality of life in primary care physicians working in outpatient settings. *Kardiologiya*. 2021;61(6):69-78. (In Russ.) doi: 10.18087/cardio.2021.6.n1538
 17. Vinogradova MT, Gorbacheva NA, Zudin AB, Vasilyeva TP. Occupational and psychosocial risk factors causing a decline in labor productivity and health impairments in healthcare workers. *Health Risk Analysis*. 2025;(3):72-82. doi: 10.21668/health.risk/2025.3.08.eng
 18. Wu SI, Liu SI, Wu YJ, *et al*. The efficacy of applying the Interpersonal Effectiveness skills of dialectical behavior therapy into communication skills workshop for clinical nurses. *Heliyon*. 2023;9(3):e14066. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14066
 19. Denning M, Teng Goh E, Tan B, *et al*. Determinants of burnout and other aspects of psychological well-being in healthcare workers during the Covid-19 pandemic: A multinational cross-sectional study. *PLoS One*. 2021;16(4):e0238666. doi: 10.1371/journal.pone.0238666
 20. Semenova NV, Vyaltzin AS, Avdeev DB, Kuzyukova AV, Martynova TS. Emotional burnout among health care workers. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2017;(2):37. (In Russ.)
 21. Shurygina AD, Kuzmina SV. Study of anxiety in medical workers of Kazan city. *Byulleten' Meditsinskoy Nauki*. 2023;(3s):128-129. (In Russ.)
 22. Melentyev AV, Babanov SA, Ostryakova NA, Lavrentyeva NE, Lysova MV. Professional burnout, anxiety and coping strategies among doctors of therapeutic specialties during the COVID-19 pandemic. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2024;68(3):205-211. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2024-68-3-205-211
 23. Melentev AV, Babanov SA, Strizhakov LA, Vinnikov DV, Ostryakova NA. Problems of professional selection and the effect of the healthy worker in occupational health. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(4):394-399. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-394-399
 24. Samofalov DA, Chigrina VP, Tufilin DS, *et al*. Professional burnout and quality of life of physicians in the Russian Federation in 2021. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2023;69(1):1. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2023-69-1-1
 25. Shaderkina VA, Krasnyak IV. Physician burnout: The hidden healthcare crisis. Results of an online survey of doctors. *Rossiyskiy Zhurnal Telemeditsiny i Elektronogo Zdravookhraneniya*. 2022;8(4):7-20. (In Russ.) doi: 10.29188/2712-9217-2022-8-4-7-20
 26. Nepliyeva GA, Solovieva AE, Krivopolenova SD, *et al*. Prevalence of professional burnout among practicing cardiologists in the constituent entities of the Russian Federation. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal*. 2023;28(1S):16-26. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2023-5320
 27. Boldyreva YuV, Dubrovina OI, Bragin AV, Lebedev IA, Zakharchuk EV, Nekrasov DA. Burnout syndrome as an actual problem for a doctor of any specialty. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2020;(10(193)):174-178. (In Russ.) doi: 10.25694/URMJ.2020.10.33

Сведения об авторах:

✉ **Бабанов** Сергей Анатольевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации профессора Косарева В.В. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: s.a.babanov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1667-737X>.

Лысова Маргарита Валериановна – очный аспирант кафедры профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации профессора Косарева В.В. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: margol79@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7378-0852>.

Стрижаков Леонид Александрович – д.м.н., заместитель директора ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»; профессор кафедры внутренних болезней ФФМ Московского государственного университета имени аль-Фараби, профессор кафедры биохимии имени академика Т.Т. Березова Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»; e-mail: strizhakov76@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2291-6453>.

Винников Денис Владимирович – д.м.н., магистр общественного здравоохранения, профессор, руководитель научно-исследовательской лаборатории здоровья и окружающей среды медицинского факультета Казахского национального университета имени аль-Фараби, профессор кафедры биохимии имени академика Т.Т. Березова Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»; e-mail: denisvinnikov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-6237>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-43-51>
Original Research Article

Мелентьев Андрей Владимирович – к.м.н., ведущий научный сотрудник, заместитель главного врача Института общей и профессиональной патологии им. академика А.И. Потапова ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: amedik@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-0841>.

Дарюхина Екатерина Александровна – врач-гастроэнтеролог отделения гастроэнтерологии ГБУЗ СО «Самарская городская больница № 5»; e-mail: 2249800@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9637-3632>.

Бабанов Андрей Сергеевич – студент 202-й группы Института клинической медицины ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: babanovgg@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5053-9790>.

Кувшинова Наталия Юрьевна – кандидат психологических наук, доцент кафедры педагогики и цифровой дидактики, зав. отделом подготовки научно-педагогических кадров ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: n.yu.kuvshinova@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0780-7336>.

Острыякова Наталья Александровна – заведующая отделением физиотерапии ФГБУ «СКК Санаторий “Сочинский”» Минобороны России; e-mail: kosm-90@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5459-691X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Бабанов С.А., Лысова М.В.*; сбор данных: *Бабанов С.А., Лысова М.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Бабанов С.А., Лысова М.В., Стрижаков Л.А., Винников Д.В., Мелентьев А.В., Дарюхина Е.А.; Бабанов А.С., Кувшинова Н.Ю., Острыякова Н.А.*; подготовка рукописи: все авторы. Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательную версию рукописи

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации 23.11.2021. Каждый участник исследования дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 28.04.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ **Sergey A. Babanov**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Occupational Diseases and Clinical Pharmacology named after the Honored Scientist of the Russian Federation, Professor V.V. Kosarev, Samara State Medical University; e-mail: s.a.babanov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1667-737X>.

Margarita V. Lysova, full-time postgraduate student, Department of Occupational Diseases and Clinical Pharmacology named after the Honored Scientist of the Russian Federation, Professor V.V. Kosarev, Samara State Medical University; e-mail: margol79@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7378-0852>.

Leonid A. Strizhakov, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director, Izmerov Research Institute of Occupational Health; Professor, Department of Internal Medicine, Lomonosov Moscow State University; Head of the Center for Occupational Pathology, Sechenov University; e-mail: strizhakov76@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2291-6453>.

Denis V. Vinnikov, Dr. Sci. (Med.), Master of Public Health, Professor, Head of Environmental Health Laboratory, Medical Faculty, Al-Farabi Kazakh National University; Professor, Department of Biochemistry named after Academician T.T. Berezov, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: denisvinnikov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-6237>.

Andrey V. Melentev, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Deputy Chief Physician, Academician A.I. Potapov Institute of General and Occupational Pathology, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene; e-mail: amedik@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-0841>.

Ekaterina A. Daryukhina, gastroenterologist, Department of Gastroenterology, Samara City Hospital No. 5; e-mail: 2249800@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9637-3632>.

Andrey S. Babanov, second-year student, Institute of Clinical Medicine, Samara State Medical University; e-mail: babanovgg@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5053-9790>.

Natalia Yu. Kuvshinova, Cand. Sci. (Psychol.), Associate Professor, Department of Pedagogy and Digital Didactics, Head of the Department of Scientific and Pedagogical Personnel Training, Samara State Medical University; e-mail: n.yu.kuvshinova@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0780-7336>.

Natalia A. Ostryakova, Head of the Physiotherapy Department, Sochinky Health Resort of the Russian Ministry of Defense; e-mail: kosm-90@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5459-691X>.

Author contributions: study conception and design, data collection: *Babanov S.A., Lysova M.V.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *all authors*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the local Ethics Committee of the Samara State Medical University on November 23, 2021. Each participant gave voluntary written informed consent to participate in the study and have their medical information used, provided it is anonymized before publication.

Funding: This research received no external funding.

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

Received: April 28, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Структура и наполнение национальных баз данных химического состава продуктов и блюд для эпидемиологических исследований фактического питания населения

Э.С.-А. Шахвалиева, Э.Э. Кешабянц, Н.Н. Денисова, В.А. Зотов, Е.А. Смирнова, В.А. Тутельян

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Устьинский проезд, д. 2/14, г. Москва, 109240, Российская Федерация

Резюме

Введение. Национальные базы данных состава пищевых продуктов приобретают все большее значение, играя, с одной стороны, ключевую роль при проведении исследований в области эпидемиологии питания, с другой – позволяют потребителям сделать осознанный выбор продуктов и блюд, предоставляя важную информацию об их энергетической и пищевой ценности.

Цель исследования: анализ национальных баз данных химического состава продуктов и блюд, оценка полноты информации о содержании макро- и микронутриентов, витаминов, минеральных и биологически активных веществ, наличия различных встроенных инструментов анализа и удобства их использования.

Материалы и методы. Рассмотрено 7 крупнейших национальных баз данных: США, Австралии, Швейцарии, Франции, Португалии, Дании и Великобритании. Для анализа использовали открытые официальные источники информации. Критерии включения баз данных в обзор: принадлежность государственным органам, наличие web-интерфейса и применение в эпидемиологических исследованиях фактического питания. Критерии оценки: количество продуктов и блюд, широта и полнота перечня нутриентов, возможность скачивания и наличие различных дополнительных инструментов. Базы данных актуальны на сентябрь 2025 года.

Результаты. Анализ баз данных показал, что наиболее важным ограничением для большинства является неполный нутриентный состав по всем заявленным продуктам и блюдам, что не позволяет объективно оценить поступление с рационами того пищевого вещества, для которого нет значения по всем продуктам и блюдам.

Заключение. Обоснован набор критериев, выбранных для формирования архитектуры, наполнения и инструментария разрабатываемого Программного комплекса с web-интерфейсом для обработки, хранения, анализа и верификации данных химического состава пищевой продукции, предназначенного для создания и ведения российской национальной базы.

Ключевые слова: эпидемиология питания, база данных химического состава пищевых продуктов, классификация пищевых продуктов, классификация блюд, нутриентный состав.

Для цитирования: Шахвалиева Э.С.-А., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Зотов В.А., Смирнова Е.А., Тутельян В.А. Структура и наполнение национальных баз данных химического состава продуктов и блюд для эпидемиологических исследований фактического питания населения // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 52–60. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-52-60

The Structure and Content of National Food Composition Databases for Population-Based Nutritional Epidemiology Studies

Elina S.-A. Shakhvalieva, Evelina E. Keshabyants, Natalia N. Denisova, Vladimir A. Zotov, Elena A. Smirnova, Victor A. Tutelyan

Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
2/14 Ustyinsky Drive, Moscow, 109240, Russian Federation

Summary

Introduction: National food composition databases are becoming increasingly important. They play a key role in nutritional epidemiology research and enable consumers to make informed food and dish choices by providing science-based information about their energy and nutritional value.

Objectives: To analyze national databases of the chemical composition of foods and dishes, to assess the completeness of information on the contents of macro- and micronutrients, vitamins, minerals, and biologically active substances, to establish availability of various built-in analysis tools and the convenience of their use.

Materials and Methods: We have reviewed seven large national food composition databases for the United States, Australia, Switzerland, France, Portugal, Denmark, and the United Kingdom as of September 2025 using open sources of official information for the analysis. Database inclusion criteria were government ownership, web interface availability, and application in dietary analysis. Evaluation criteria included the number of foods and dishes, the range and completeness of the list of nutrients, the ability to download, and availability of various additional tools.

Results: We established that the most critical limitation for the majority of databases is the incomplete nutrient composition for all declared foods and dishes, which prevents an objective assessment of the dietary intake of a nutrient for which data is missing.

Conclusion: A set of criteria selected for the architecture, contents, and tools of the developed software with a user interface for processing, storing, analyzing, and verifying data on the chemical composition of food products, intended for the creation and maintenance of the Russian national food composition database, is substantiated.

Keywords: nutritional epidemiology, food composition database, food classification, dish categories, nutrient composition.

Cite as: Shakhvalieva ES-A, Keshabyants EE, Denisova NN, Zotov VA, Smirnova EA, Tutelyan VA. The structure and content of national food composition databases for population-based nutritional epidemiology studies. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):52–60. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-52-60

Введение. В настоящее время в большинстве развитых стран мира отмечен рост хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ): сердечно-сосудистые, ожирение, сахарный диабет 2 типа и др.), в развитии которых значительную роль играет фактор питания [1, 2]. В связи с этим эпидемиологические исследования фактического питания населения являются определяющими для выявления факторов риска развития ХНИЗ и разработки программ их профилактики [3].

Важнейшей составляющей любого исследования фактического питания населения является наличие актуальной базы данных химического состава пищевых продуктов (БД ХСПП), которая содержит подробную информацию об энергетической и пищевой ценности продуктов и блюд, содержании в пищевых продуктах, помимо макронутриентов, других эссенциальных пищевых веществ, таких как витамины и минеральные вещества, минорные биологические активные компоненты пищи [4, 5]. БД ХСПП играют ключевую роль в оценке фактического потребления пищи и являются связующим звеном для всех уровней такой оценки (рисунок) [6].

Данные о пищевой ценности продуктов и блюд являются неотъемлемой частью фундаментальной доказательной базы для науки о питании, широко

используются во многих областях, включая диетологию, биомедицинские исследования, общественное здравоохранение, пищевые биотехнологии, направленные на создание новых продуктов с заданным химическим составом [7]. Сформированная база данных позволяет получать информацию о вариативности состава пищевых продуктов для выявления маркеров их идентификации, а также фальсификации, а оценка содержания пищевых веществ различных классов позволяет оценить качество пищевой продукции.

Первоначально базы данных представляли собой печатные таблицы, были доступны лишь немногим специалистам и содержали небольшой спектр пищевых веществ, в связи с чем их использование было ограничено [8]. В настоящее время большинство национальных баз находятся в открытом доступе в Интернете, что значительно расширяет возможности их применения как для индивидуального использования, так и для научных или практических целей. Современные базы содержат наиболее полную и подробную информацию об исследованных пищевых продуктах и способах их производства или приготовления, методах анализа химического состава продуктов, а также литературные источники (статьи в научных журналах, отчеты и т. п.), что

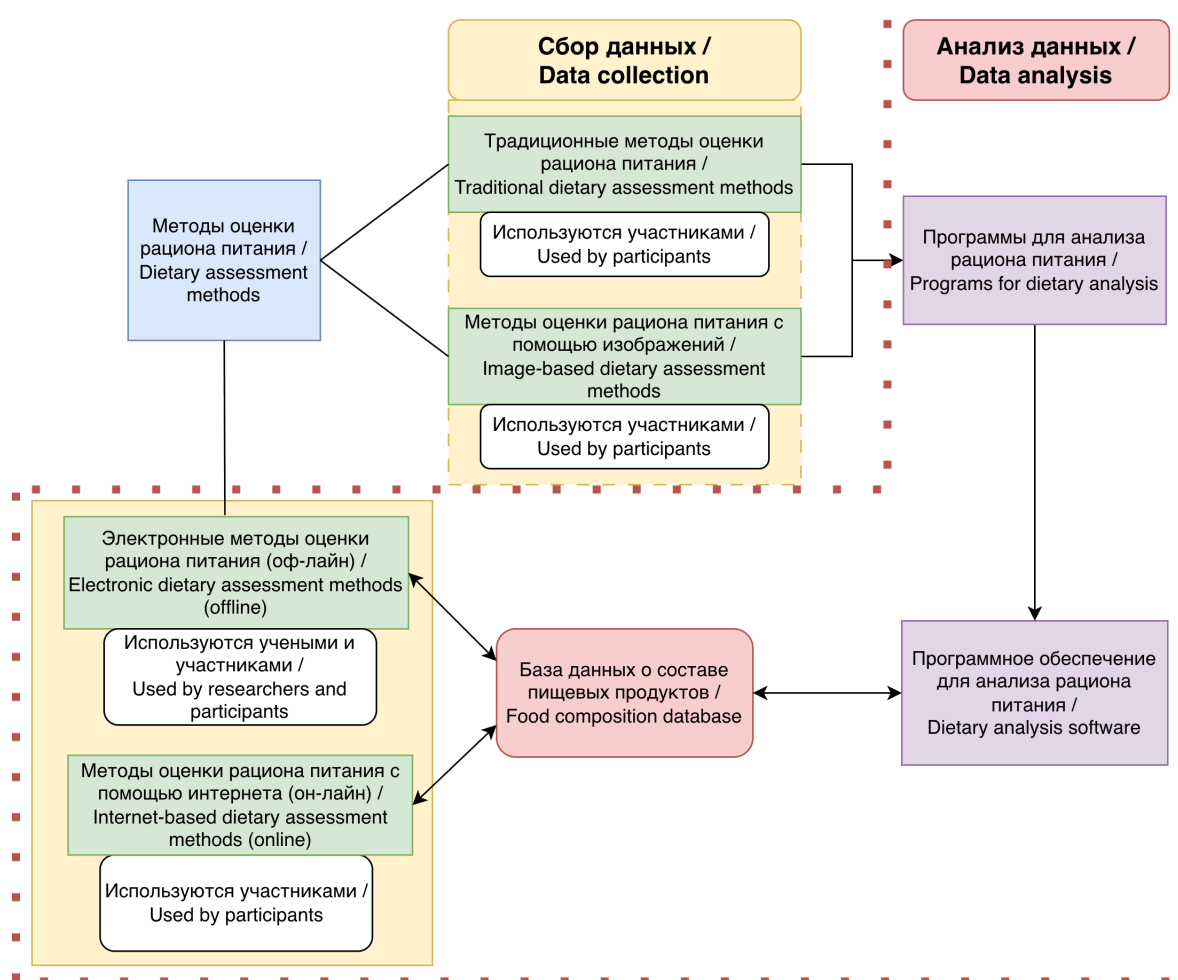


Рисунок. Роль БД ХСПП в оценке фактического питания [6]
Figure. The role of food composition databases in dietary analysis [6]

позволяет их пополнять и актуализировать постоянно. Такие базы могут обеспечивать свободный и легкий доступ и обмен данными между регионами и странами [9].

Однако важнейшим условием корректного обмена данными является использование единых принципов построения архитектуры БД ХСПП, а основным принципом реализации автоматической обработки информации – стандартизация и гармонизация наименований и описаний основных объектов баз: пищевых продуктов, нутриентов, единиц измерения и ссылок на литературу, которые могут осуществляться посредством специальной кодировки¹ или специализированной системы классификации пищевых продуктов^{2,3}.

В рамках разработки Программного комплекса с web-интерфейсом для обработки, хранения, анализа и верификации данных химического состава пищевой продукции, предназначенного для создания и ведения российской национальной БД ХСПП, изучение существующих аналогичных продуктов, применяемых в других странах для эпидемиологических исследований питания населения, оценка их наполнения, функциональных возможностей, а также достоинств и недостатков представляется актуальной задачей.

Цель исследования: анализ национальных баз данных химического состава продуктов и блюд, оценка полноты информации о содержании макро- и микронутриентов, витаминов, минеральных и биологически активных веществ, наличия различных встроенных инструментов анализа и удобства их использования.

Материалы и методы. Поиск БД ХСП осуществляли по официальным государственным и межправительственным порталам-агрегаторам FAO/INFOODS и EuroFIR, а также в поисковой системе Google.com (Google Dataset Search) по группам ключевых слов:

Общие и основные понятия: Official/National food composition database (FCDB) / Food composition table (FCT); National nutrient database; Food composition data; Nutrient data; Food coding system; Food component analysis; Dietary assessment tools.

Оценка полноты и охвата данных: Macro-nutrients; Proteins, Fats, Carbohydrates; Dietary fiber / Fiber; Sugars (в т. ч. added/free sugars); Fatty acids (saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, trans fatty acids); Amino acids (essential amino acids); Micronutrients; Vitamins (Vitamin A, Vitamin C, Vitamin D, B vitamins, Folate); Minerals (Calcium, Iron, Sodium, Potassium, Magnesium, Zinc, Selenium); Trace elements; Bioactive Compounds; Bioactive compounds; Phytochemicals; Antioxidants; Carotenoids (beta-carotene, lycopene); Polyphenols (flavonoids); Plant sterols; Caffeine; Cholesterol; Salt/Sodium content.

Ключевые показатели для оценки: Data completeness; Missing values/Missing data; Data quality; Number of food items; Food coverage; Nutrient coverage; Representativeness; Data sources (analytical data, calculated data, borrowed data, imputed data).

Функциональность и инструменты анализа: Database features; Search functionality/Searchability; User interface; Usability/Ease of use; Data retrieval; Data export (export options, download formats); Application Programming Interface (API); Recipe calculation/Recipe builder; Dietary intake assessment; Portion size estimation (household measures, standard portions); Comparison tools (compare foods); Data visualization (charts, graphs); Mobile application/App availability; Online access.

Методология и стандарты: Food description; Component identification; Analytical methods; Quality control; Data compilation; Standard reference materials.

В результате поиска было найдено 52 БД ХСП, для последующего анализа были определены критерии включения/исключения.

Критерии включения: национальный масштаб данных, официальный источник публикации, открытая доступность и наличие данных о макронутриентах для ≥1000 продуктов, наличие web-интерфейса и дополнительных инструментов анализа потребления пищи.

Критерии исключения: локальный характер, узкая продуктовая или нутриентная направленность, полная недоступность, отсутствие обновлений за последние 10 лет, дублирование официальных источников.

После применения критериев отбора для детального анализа была сформирована финальная выборка из 7 репрезентативных баз данных. Исследование было выполнено в 2023 году с последующей актуализацией обновлений в сентябре 2025 года

Анализ структуры и наполнения проводили по следующим критериям:

- количество продуктов и блюд;
- содержание макронутриентов (белок, жир, углеводы);
- аминокислотный состав белка;
- жирно-кислотный профиль;
- содержание холестерина;
- содержание моно- и дисахаридов в целом и по видам;
- содержание крахмала и пищевых волокон;
- содержание водо- и жирорастворимых витаминов;
- содержание минеральных веществ и золы;
- содержание органических кислот;
- энергетическая ценность.

Дополнительно оценивали регулярность пополнения БД ХСПП и наличие инструментов для поиска наименований, расчета пищевой ценности пользовательских продуктов и блюд, пересчета на

¹ FAO/INFOODS Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database-Version 1.0.FAO. Rome; 2012.

² Ioannidou S. EFSA FoodEx2 Interpreting and Checking Tool user guide. EFSA supporting publication, 2019: EN-1727. doi: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1727 [Electronic resource]. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/data/data-standardisation>.

³ Unwin ID. The Thesaurus Manager facilities for maintaining thesauri. Description of setup, viewing and editing features of the thesaurus management tool, 2016 [Electronic resource]. URL: <https://www.eurofir.org/wp-content/uploads/2016/09/THS-facility-description-update-160816.pdf>

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-52-60>
Original Research Article

размер средней порции, возможность скачивания и использования для разработки собственных программных продуктов.

Результаты. Рассмотрим структуру и наполнение 7 национальных баз данных.

Национальная база данных пищевых продуктов Министерства сельского хозяйства США (Food and Nutrient Database for Dietary Studies, FNDDS) находится в открытом доступе и ее можно скачать с веб-сайта в различных форматах, в том числе *xlsx*⁴. В базе представлена информация по содержанию пищевых веществ и энергетической ценности продуктов и блюд, их подробная классификация [10].

Обновление FNDDS происходит каждые два года, на текущий момент доступна версия 2021–2023 годов. В FNDDS содержатся сведения о более 5000 продуктах и блюдах и дана информация по 65 пищевым веществам (таблица).

Данная база используется для обработки результатов национального эпидемиологического исследования фактического питания, реализуемого в США в рамках проекта “What We Eat In America” («Что мы едим в Америке»). FNDDS предоставляет возможность просмотра профилей пищевых веществ для продуктов и напитков в порции, а также рецептов, что позволяет проводить всесторонний анализ рациона. Для всех пользователей доступен онлайн-инструмент поиска продукта или блюда для просмотра их нутриентного состава на 100 грамм или на выбранную массу порции.

База данных состава пищевых продуктов Австралии (Australian Food Composition Database) находится в открытом доступе с возможностью скачивания с официального сайта⁵. Файлы доступны в формате *xlsx*, в них представлена справочная информация о продуктах и блюдах, ингредиентах, используемых для приготовления блюд, коэффициентах потерь пищевых веществ при тепловой обработке [11].

База данных содержит сведения о 1616 продуктах и блюдах по 256 пищевым веществам, включая 65 жирных кислот, 12 витаминов, развернутый состав сахаридов, 25 минеральных веществ и аминокислотный состав на 100 грамм продукта (таблица). Для удобства пользователя, который не может оценить массу съеденной порции, в базе данных отдельным файлом приведены средние порции, которые наиболее часто употребляемы среди населения.

Кроме того, доступны ряд онлайн-инструментов: поиск нутриентного состава интересующего продукта или блюда; создание собственных рецептов пользователями с расчетом их пищевой и энергетической ценности. Для производителей пищевой продукции после получения права пользования на сайте доступен Калькулятор панели питания

(Nutrition Panel Calculator – NPC), позволяющий рассчитать пищевую и энергетическую ценность продукта на основе ингредиентного состава.

Последнее обновление базы данных было в 2023 году.

База данных пищевых продуктов Швейцарии (The Swiss Food Composition Database)⁶ находится в открытом доступе, доступна для скачивания и содержит 1220 продуктов и блюд и информацию по 60 пищевым веществам (на 100 грамм продукта).

Практически по всем представленным продуктам и блюдам приведены данные по энергетической ценности, макронутриентам (белки, жиры, углеводы), содержанию воды, этанола. Также для большинства продуктов указано содержание пищевых волокон и микронутриентов (витаминов и минеральных веществ), состав жирных кислот: насыщенные, мононенасыщенные, полиненасыщенные в целом [12].

На веб-сайте пищевые продукты можно искать по названию, синонимам, категориям продуктов, содержанию пищевых веществ или их комбинациям. При необходимости пищевую ценность продукта или блюда можно вывести в виде графической диаграммы или таблицы либо на 100 грамм продукта, либо на указанную порцию. Кроме того, в базе предусмотрена классификация продуктов и блюд на 19 групп продуктов (категории) с последующим делением на 104 подкатегории.

Разработчиком базы является Федеральное управление по безопасности пищевых продуктов и ветеринарии (The Federal Food Safety and Veterinary Office – FSVO), которое бесплатно предоставляет базу данных на четырех языках (английский, немецкий, французский, итальянский) для научных целей в эпидемиологии питания, практике здравоохранения, а также для использования в коммерческих целях, в том числе для создания программ расчета суточного рациона, с обязательным указанием источника данных.

База данных обновляется ежегодно: последнее обновление 01.07.2025.

База данных пищевых продуктов Франции (French food composition table Ciqua)⁷ содержит сведения о пищевой и энергетической ценности 3484 продуктов и блюд и включает 67 показателей: белки, жиры, углеводы, сахара, жирные кислоты, пищевая соль, витамины и минеральные вещества в расчете на 100 грамм продукта (таблица).

База данных Ciqua разработана Исследовательской лабораторией пищевых продуктов Французского национального агентства по безопасности пищевых продуктов, окружающей среды и гигиены труда (Food Observatory of the French National Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety (Anses)) и доступна для скачивания [13].

⁴ Food and Nutrient Database for Dietary Studies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-bhnrc/beltsville-human-nutrition-research-center/food-surveys-research-group/docs/fndds-download-databases/> (дата обращения: 03.11.2025).

⁵ Australian Food Composition Database [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.foodstandards.gov.au/science-data/monitoringnutrients/afcd> (дата обращения: 03.11.2025).

⁶ The Swiss Food Composition Database [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://naehrwertdaten.ch/en/> (дата обращения: 03.11.2025).

⁷ The ANSES-CIQUAL food composition table [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.anses.fr/en/content/anses-ciqua-food-composition-table> (дата обращения: 03.11.2025).

Таблица. Структура и наполнение БД ХСПП

Table. The structure and contents of some national food composition databases

	США / USA	Австралия / Australia	Швейцария / Switzerland	Франция / France	Португалия / Portugal	Дания / Denmark	Великобритания / UK
Количество продуктов и блюд в базе / Number of foods and dishes in the Database	>5000	1616	1220	3484	1372	1370	3200
Количество нутриентов / Amount of nutrients	65	256	60	67	50	>200	185
Белок / Protein	+	+	+	+	+	+	+
Аминокислотный состав / Amino acid composition	—	+	—	—	—	+	—
Жиры / Fats	+	+	+	+	+	+	+
Нжк в целом (насыщенные жирные кислоты) / Total saturated fatty acids	+	+	+	+	+	+	+
Мнжк в целом (мононенасыщенные жирные кислоты) / Total monounsaturated fatty acids	+	+	+	+	+	+	+
Пнжк в целом (полиненасыщенные жирные кислоты) / Total polyunsaturated fatty acids	+	+	+	+	+	+	+
Развернутый жирнокислотный состав по каждой группе жирных кислот / Detailed fatty acid composition for each group of fatty acids	+	+	—	+	—	+	+
Количество жирных кислот / Amount of fatty acids	19	65	—	14	—	55	176
Холестерин / Cholesterol	+	+	+	+	+	+	+
Углеводы / Carbohydrates	+	+	+	+	+	+	+
Крахмал (полисахариды) / Starch (polysaccharides)	—	+	+	+	+	+	+
Моно- и дисахариды в целом / Total mono- and disaccharides	+	+	+	+	+	+	+
Развернутый состав моно- и дисахаридов / Detailed composition of mono- and disaccharides	—	+	—	+	—	+	+
Пищевые волокна / Dietary fibers	+	+	+	+	+	+	+
Водорастворимые витамины / Water-soluble vitamins	+	+	+	+	+	+	+
Жирорастворимые витамины / Fat-soluble vitamins	+	+	+	+	+	+	+
Список витаминов / List of vitamins	A B1 B2 B3 B4 B6 B9 B12 C D E K	A B1 B2 B3 B5 B6 B7 B12 B9 C D3 D2 E	A B1 B2 B6 B12 B3 B9 C D E	A D E K1 K2 C B1 B2 B3 B5 B6 B9 B12	A D E B1 B2 B3 B6 B12 C B9	A D D3 D2 E K1 B1 B2 B3 B6 H B9 B12 C	A D E K1 B1 B2 B3 B6 B12 B9 H C
Минеральные вещества / Minerals	+	+	+	+	+	+	+
Список минеральных веществ / List of mineral substances	Ca P Mg Fe Zn Cu Se K Na	Al Sb As Cd Ca Cr Cl Co Cu F I Fe Pb Mg Mn Hg Mo Ni P K Se Na S Sn Zn	K Na Cl Ca Mg P Fe I Zn Se	Ca Cl Cu Fe I Mg Mn P K Se Na Zn	Zn Na K Ca P Mg Fe Cinza Se I	Na K Ca Mg Rb Fe Cu Zn Mg Cr Mo Co Se Al Si B P F Cl Br I S Ni Hg As Cd Pb Sn	Na K Ca Mg P Fe Cu Zn Cl Mn Se I
Зола / Ash	—	+	—	+	—	+	—
Органические кислоты / Organic acids	—	+	—	+	+	+	+
Энергетическая ценность / Energy value	+	+	+	+	+	+	+
Вода/ Water	+	+	+	+	+	+	+

База используется для оценки фактического питания при проведении эпидемиологических исследований; на ее основе врачи-диетологи разрабатывают рационы для пациентов, а также индивидуальные пользователи могут анализировать свой рацион; производители применяют ее для расчета показателей пищевой ценности продуктов для целей маркировки.

На сайте доступен онлайн-инструмент для поиска нутриентного состава в продуктах и блюдах пользователем.

Новая версия таблицы состава пищевых продуктов и блюд ANSES-CIQUAL выпускается каждые 2–4 года. Последняя версия от 2025 года.

База данных пищевых продуктов Португалии (Portuguese food composition database)⁸ содержит 1372 продуктов и блюд с информацией по 50 пищевым веществам и калорийности в расчете на 100 грамм. База данных находится в открытом доступе и доступна для скачивания [14].

Химический состав и пищевая ценность, представленные в базе, основаны на компиляции сведений, полученных из различных источников: аналитические исследования, проведенные лабораториями департамента пищевых продуктов и питания национального института здоровья доктора Рикардо Хорхе (Laboratories from the Food And Nutrition Department of the National Institute of Health Doutor Ricardo Jorge) и Португальского института моря и атмосферы (Portuguese Institute for Sea and Atmosphere, IPMA, former IPIMAR), научных публикаций, других баз данных, а также из информации, содержащейся на этикетках. В некоторых случаях для расчета рецептов применялся метод EuroFIR (European Food Information Resource)⁹, который позволил рассчитать пищевую ценность блюд. При определении пищевой ценности аналитическими методами, продукты были закуплены в магазинах, супермаркетах и на рынках в разных частях страны; анализировали, как правило, минимум пять образцов [15].

На сайте возможен поиск нутриентного состава продукта или блюда, доступен онлайн-инструмент для создания рецептов пользователем с выводом пищевых веществ в виде графиков и таблиц.

База данных обновляется 1–2 раза в год. Последняя версия от 22 сентября 2025 г.

База данных пищевых продуктов Дании (DTU Foods public food database – Frida)¹⁰ находится в открытом доступе и доступна для скачивания, содержит сведения о пищевой и энергетической ценности 1370 пищевых продуктов и блюд в расчете на 100 грамм; включает >200 нутриентов, в том числе 55 жирных кислот, 14 витаминов, 28 минеральных веществ, полный спектр моно- и дисахаридов, несколько органических кислот (табл. 1) [16].

На сайте есть онлайн-инструмент для поиска нутриентного состава. Последняя версия базы данных Frida – 5.4, выпущена 31.05.2025 г.

База данных пищевых продуктов Великобритании – «Интегрированный набор данных о содержании пищевых веществ в пищевых продуктах Великобритании Макканса и Уиддоусона» (McCance and Widdowson's 'composition of foods integrated dataset' on the nutrient content of the UK food supply)¹¹ включает информацию о 3200 продуктах и 185 нутриентах (таблица). База данных доступна для скачивания и широко используется в научных целях в эпидемиологии питания, в здравоохранении, производителями пищевой промышленности и индивидуальными пользователями для оценки своего рациона и получения информации по пищевой ценности продуктов и блюд. Доступен онлайн-инструмент для поиска нутриентного состава [17].

Набор данных обновляется при появлении новой доступной информации без четкой периодичности. Последнее обновление проведено в 2021 году.

Кроме того, в Великобритании существует еще одна крупная база данных пищевых продуктов Великобритании (UK's trusted food database)¹² с возможностью поиска интересующих продуктов и блюд, в том числе брендированной продукции формате xlsx, которые скачать нельзя. Все продукты и блюда разделены на 17 групп [18].

На сайте предусмотрен инструмент вывода пищевой и энергетической ценности интересующего продукта как на 100 грамм, так и на заданную порцию. Для заинтересованных лиц представлена информация по времени различных видов физической активности, энерготраты на которые соответствуют энергетической ценности съеденной порции. Кроме того, предоставляется возможность сравнения пищевой и энергетической ценности двух и более продуктов и блюд (до 8), что дает возможность проводить осознанный выбор при соблюдении определенной диеты.

Обсуждение. Проведенный сравнительный анализ репрезентативных национальных баз данных пищевых продуктов позволяет идентифицировать ряд системных закономерностей и дискретных особенностей их структурно-функциональной организации. Ключевым унифицирующим трендом выступает реализация принципа открытого доступа, обеспечивающая широкую дистрибуцию данных в машиночитаемых форматах, что соответствует современным парадигмам открытой науки и существенно способствует их интеграции в исследовательские проекты и коммерческие приложения [19]. Тем не менее за внешней гомогенизацией доступа обнаруживается существенный полиморфизм в стратегиях формирования контента. С одной

⁸ Portuguese food composition database [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://portfir.insa.pt/> (дата обращения: 03.11.2025).

⁹ European Food Information Resource [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.eurofir.org/?page_id=2695 (дата обращения: 03.11.2025).

¹⁰ DTU Foods public food database – Frida [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://frida.fooddata.dk/?lang=en> (дата обращения: 03.11.2025).

¹¹ Composition of foods integrated dataset (CoFID) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/publications/composition-of-foods-integrated-dataset-cofid> (дата обращения: 03.11.2025).

¹² UK's trusted food database [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.calorieking.com/gb/en/foods/> (дата обращения: 03.11.2025).

стороны, наблюдаются ресурсы с экстенсивной диверсификацией продуктового номенклатурного ряда (США, Великобритания), оптимизированные для обеспечения репрезентативности в лонгитюдных эпидемиологических исследованиях. С другой – существуют базы с интенсивной разработкой нутриметрических профилей (Австралия, Дания), характеризующиеся исключительной детализацией биохимических дескрипторов, включая полный спектр липидных маркеров и микронутриентов, что детерминирует их востребованность в исследованиях и клинической диетологии. Ресурсы промежуточного типа (Швейцария, Франция, Португалия) демонстрируют сбалансированный подход, ориентированный на покрытие базовых потребностей пищевой индустрии и общественного здравоохранения [20, 21].

Практически во всех анализируемых базах данных, предусмотрена возможность скачивания таблиц химического состава в формате *xlsx*, что позволяет их использовать для разработки различных программ для персонального использования без привязки к конкретному сайту. Кроме того, большинство баз данных дают классификацию продуктов и блюд на различные группы пищевых продуктов, с подклассификацией на более мелкие отдельные подгруппы, позволяющие проводить оценку питания не только по потреблению пищевых веществ, но и группам пищевых продуктов [22].

Удобными инструментами изученных баз данных являются:

- онлайн-инструмент встроенного поиска продуктов и блюд для просмотра нутриентного состава, позволяющий находить из большого перечня наименований интересующий продукт;

- возможность пересчета пищевой ценности на съеденную порцию, тогда как пищевая ценность в базах данных, как правило, приведена на 100 грамм;

- графическое представление пищевой ценности продуктов и блюд, что дает возможность наглядно оценить компонентный состав нутриентов;

- встроенный калькулятор классификации продуктов и блюд на группы продуктов, облегчающий проведение оценки потребления различных групп продуктов;

- на сайтах Португалии и Австралии реализован удобный веб-инструмент для создания собственных рецептов с расчетом пищевой ценности на указанную порцию;

- на сайте базы данных продуктов питания Великобритании (UK's trusted food database) предусмотрена возможность сравнения пищевой и энергетической ценности продуктов и блюд до 8 позиций, что позволяет проводить осознанный выбор рациона и соблюдать принципы здорового питания или определенную предписанную диету;

- на сайте базы данных продуктов питания Великобритании (UK's trusted food database) предусмотрена информация по времени различных видов физической активности, энерготраты которой соответствуют энергетической ценности съеденной порции выбранного продукта или блюда; таким

образом, это позволяет рассчитать физическую нагрузку для индивида, для которого важно вести здоровый образ жизни и поддерживать оптимальную массу тела;

- доступ к Калькулятору панели питания (Nutrition Panel Calculator – NPC, Австралия) для производителей пищевой продукции после получения права пользования, позволяющего рассчитать пищевую и энергетическую ценность продукта на основе ингредиентного состава.

Значительная гетерогенность наблюдается в политике актуализации данных – от ригидных ежегодных циклов (Швейцария) до адаптивных обновлений, синхронизированных с публикацией новых исследований (Великобритания), что отражает компромисс между требованием релевантности и ресурсными ограничениями.

При сравнении методов проверки данных выявляются различные подходы. С одной стороны, существуют строго стандартизированные системы, созданные для конкретных научных программ, как база в США. С другой стороны, применяются комбинированные стратегии, которые объединяют данные прямых химических анализов, научные публикации, информацию с упаковки продуктов, используя при этом унифицированные методы расчета, такие как в EuroFIR.

В то же время базы данных имеют свои ограничения, такие как вариабельность состава продуктов и блюд, различия в нутриентном составе в зависимости от сорта, партии, производителя продукта, отсутствие значений по ряду показателей особенно микронутриентов и биологически активных веществ [23].

Заключение. От полноты и точности базы данных во многом зависит выявление факторов риска в питании развития хронических неинфекционных заболеваний и разработки программ их профилактики. Именно поэтому при разработке и пополнении существующих БД ХСПП необходимо уделять особое внимание их актуальности, составу и функциональным особенностям.

Целесообразно формирование одновременно двух таблиц: основной таблицы химического состава, в которой было бы указано содержание заявленных нутриентов по всем продуктам; и дополнительной таблицы на перспективу для внесения показателей содержания микронутриентов и минорных биологически активных веществ при появлении новых сведений по их количеству в продуктах.

Проведенный анализ позволил обосновать набор критериев, выбранных для формирования архитектуры, наполнения и инструментария разрабатываемого Программного комплекса с web-интерфейсом для обработки, хранения, анализа и верификации данных химического состава пищевой продукции, предназначенного для создания и ведения российской национальной БД ХСПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Lordan R, Grant WB. Dietary patterns, physical activity, and lifestyle in the onset, prevention, and management of noncommunicable diseases. *Nutrients*. 2023;15(11):2540. doi: 10.3390/nu15112540

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-52-60>
Original Research Article

2. Di Cesare M, Sorić M, Bovet P, *et al.* The epidemiological burden of obesity in childhood: A worldwide epidemic requiring urgent action. *BMC Med.* 2019;17(1):212. doi: 10.1186/s12916-019-1449-8
3. Toebes B, Hesselman M, van Dijk JP, Herman J. Curbing the lifestyle disease pandemic: Making progress on an interdisciplinary research agenda for law and policy interventions. *BMC Int Health Hum Rights.* 2017;17(1):25. doi: 10.1186/s12914-017-0131-5
4. Delgado A, Issaoui M, Vieira MC, Saraiva de Carvalho I, Fardet A. Food composition databases: Does it matter to human health? *Nutrients.* 2021;13(8):2816. doi: 10.3390/nu13082816
5. Williams G, Hamilton A, Cade JE. Comparison of online food composition databases including those in nutritional assessment tools. *Proc Nutr Soc.* 2024;83(OCE4):E339. doi: 10.1017/S0029665124005779
6. Naaman RK, Almasaudi A, Albajri E, Naseeb M. Current use of food composition database and dietary analysis software in Saudi Arabia: A review study. *J Food Compos Anal.* 2023;(123(5)):105598. doi: 10.1016/j.jfca.2023.105598
7. Jansen L, Roodenburg AJ. The use of food composition data in the Choices International Programme. *Food Chem.* 2016;193:196-202. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.06.082
8. Murphy SP, Charrondiere UR, Burlingame B. Thirty years of progress in harmonizing and compiling food data as a result of the establishment of INFOODS. *Food Chem.* 2016;193:2-5. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.097
9. Scrimshaw NS. INFOODS: The international network of food data systems. *Am J Clin Nutr.* 1997;65(4 Suppl):1190S-1193S. doi: 10.1093/ajcn/65.4.1190S
10. Garcia V, Rona RJ, Chinn S. Effect of the choice of food composition table on nutrient estimates: A comparison between the British and American (Chilean) tables. *Public Health Nutr.* 2004;7(4):577-583. doi: 10.1079/phn2003555
11. Stanford J, McMahon S, Lambert K, Charlton KE, Stefoska-Needham A. Expansion of an Australian food composition database to estimate plant and animal intakes. *Br J Nutr.* 2023;130(11):1950-1960. doi: 10.1017/S0007114523001101
12. Zhong L, Blekkenhorst LC, Bondonno NP, *et al.* A food composition database for assessing nitrate intake from plant-based foods. *Food Chem.* 2022;394:133411. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.133411
13. Vahid F, Hoge A, Hébert JR, Bohn T; ORISCAV working group. Association of diet quality indices with serum and metabolic biomarkers in participants of the ORISCAV-LUX-2 study. *Eur J Nutr.* 2023;62(5):2063-2085. doi: 10.1007/s00394-023-03095-y
14. Oliveira LM, Castanheira IP, Dantas MA, Porto AA, Calhau MA. Portuguese food composition database quality management system. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(Suppl 3):S53-S57. doi: 10.1038/ejcn.2010.211
15. Pakkala H, Christensen T, de Victoria IM, Presser K, Kadvan A. Harmonised information exchange between decentralised food composition database systems. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(Suppl 3):S58-S63. doi: 10.1038/ejcn.2010.212
16. Foroni F, Pergola G, Argiris G, Rumiati RI. The FoodCast research image database (FRIDa). *Front Hum Neurosci.* 2013;7:51. doi: 10.3389/fnhum.2013.00051
17. Shi Z, Zhu W, Lei Z, *et al.* Intake of added sugar from different sources and risk of all-cause mortality and cardiovascular diseases: The role of body mass index. *J Nutr.* 2024;154(11):3457-3464. doi: 10.1016/j.tjnut.2024.09.017
18. Lin AW, Morgan N, Ward D, *et al.* Comparative validity of mostly unprocessed and minimally processed food items differs among popular commercial nutrition apps compared with a research food database. *J Acad Nutr Diet.* 2022;122(4):825-832.e1. doi: 10.1016/j.jand.2021.10.015
19. Hinojosa-Nogueira D, Pérez-Burillo S, Navajas-Porras B, *et al.* Development of a unified food composition database for the European project “Stance4Health”. *Nutrients.* 2021;13(12):4206. doi: 10.3390/nu13124206
20. Khatibzadeh S, Saheb Kashaf M, Micha R, *et al.*; Global Burden of Diseases Nutrition; Chronic Diseases Expert Group (NutriCode). A global database of food and nutrient consumption. *Bull World Health Organ.* 2016;94(12):931-934. doi: 10.2471/BLT.15.156323
21. Durazzo A, Astley S, Kapsokefalou M, *et al.* Food composition data and tools online and their use in research and policy: EuroFIR AISBL contribution in 2022. *Nutrients.* 2022;14(22):4788. doi: 10.3390/nu14224788
22. Marconi S, Durazzo A, Camilli E, *et al.* Food Composition Databases: Considerations about Complex Food Matrices. *Foods.* 2018;7(1):2. doi: 10.3390/foods7010002
23. Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О. и др. Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 211-219. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10058
Bessonov VV, Bogachuk MN, Bokov DO, *et al.* Databases of the chemical composition of foods in the era of digital nutrition science. *Voprosy Pitaniya.* 2020;89(4):211-219. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10058

Сведения об авторах:

Шахвалиева Элина Саид-Аминовна – лаборант-исследователь лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: shelina9558@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7535-8523>.

Кешабянц Эвелина Эдуардовна – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: evk1410@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-2647>.

✉ **Денисова** Наталья Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: denisova-55@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7664-2523>.

Зотов Владимир Алексеевич – к.б.н., научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов; e-mail: zotov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6509-5344>.

Смирнова Елена Александровна – к.т.н., руководитель лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: smirnova@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2045-5729>.

Тутельян Виктор Александрович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», e-mail: tutelyan@ion.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Тутельян В.А., Смирнова Е.А.; сбор данных: Шахвалиева Э.С.-А., Зотов В.А., Денисова Н.Н.; обработка материала и анализ полученных данных: Шахвалиева Э.С.-А., Кешабянц Э.Э.; обзор литературы, подготовка рукописи: Шахвалиева Э.С.-А., Кешабянц Э.Э., Смирнова Е.А., Тутельян В.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование выполнено в рамках реализации соглашения с РНФ 23-16-00242 «Разработка программно-аналитического комплекса с веб-интерфейсом для обработки, хранения, анализа и верификации данных химического состава пищевой продукции».

Конфликт интересов: соавтор статьи Тутельян В.А. является членом редакционного совета журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные соавторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 15.10.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

Elina S.-A. **Shakhvalieva**, Research Assistant, Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition; e-mail: shelina9558@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7535-8523>.

Evelina E. **Keshabyants**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition; e-mail: evk1410@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-2647>.

✉ Natalia N. **Denisova**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition; e-mail: denisova-55@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7664-2523>.

Vladimir A. **Zotov**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Laboratory of Food Chemistry; e-mail: zotov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6509-5344>.

Elena A. **Smirnova**, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition; e-mail: smirnova@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2045-5729>.

Victor A. **Tutelyan**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor; Scientific Director of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: tutelyan@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4164-8992>.

Author contributions: study conception and design: *Tutelyan V.A., Smirnova E.A.*; data collection: *Shakhvalieva E.S.-A., Zotov V.A., Denisova N.N.*; data processing and analysis: *Shakhvalieva E.S.-A., Keshabyants E.E.*; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Shakhvalieva E.S.-A., Keshabyants E.E., Smirnova E.A., Tutelyan V.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The research was carried out within the framework of Agreement 23-16-00242 with the Russian Science Foundation on the development of a software and analytical complex with a web interface for processing, storing, analyzing, and verifying data on the chemical composition of food products.

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

Received: October 15, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Выявление мутаций D222G/N в случаях с летальным исходом в вирусах гриппа A(H1N1)pdm09, доминировавших в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. в Российской Федерации

А.С. Панова, Н.П. Колосова, А.В. Даниленко, Н.Д. Болдырев, К.Н. Шадринова, С.В. Святченко, А.А. Моисеева, Е.И. Даниленко, Г.С. Онхонова, Н.И. Гончарова, М.К. Брагина, Т.В. Трегубчак, Т.В. Бауэр, М.В. Сивай, Л.В. Максименко, А.В. Максюткова, В.Ю. Марченко

ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, 630559, Российская Федерация

Резюме

Введение. Эпидемическая циркуляция сезонного гриппа сопровождается сменой доминирующего подтипа вследствие антигенной изменчивости и уровня популяционного иммунитета. Мутации в поверхностных белках, особенно в рецептор-связывающем сайте гемагглютинаина, позволяют вирусу ускользать от иммунного ответа. Одной из таких мутаций является D222G/N, ассоциированная с повышенной вирулентностью вирусов A(H1N1)pdm09.

Цель исследования: генетическая характеристика вирусов, выявленных в образцах от больных гриппом в Российской Федерации в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг.

Материалы и методы. С 10 сентября 2024 г. по 19 июня 2025 г. методом ПЦР был исследован 1931 образец от пациентов с диагнозом «грипп», включая 240 образцов аутопсийного материала. Для 420 образцов с достаточным количеством генетического материала получены последовательности генома вируса гриппа с помощью NGS.

Результаты. В эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. в Российской Федерации наблюдалось доминирование вирусов A(H1N1)pdm09. В меньшей мере выявлялись вирусы гриппа B/Victoria, спорадически регистрировались случаи заболевания гриппом A(H3N2). Большинство случаев заболевания гриппом с летальным исходом было связано с группой риска, при этом наблюдался низкий процент вакцинированных лиц. В 19,0 % случаев от исследованных летальных случаев гриппа A(H1N1)pdm09 в мажорном варианте выявлен маркер повышенной вирулентности HA-D222N. В 10,1 % случаях зарегистрировано наличие мутаций D222G/N в минорном варианте. В одном случае заболевания гриппом A(H1N1)pdm09 с выздоровлением (0,5 %) выявлена мутация D222N в мажорном варианте. В шести вирусах от всех исследованных случаев A(H1N1)pdm09 (2,3 %) были выявлены маркеры устойчивости к противовирусным препаратам – осельтамивиру (1,9 %) и балоксавиру марбоксилу (0,4 %).

Выводы. Выявление мутаций HA-D222G/N, ассоциированных с повышенной вирулентностью и летальностью вирусов A(H1N1)pdm09, подчеркивает важность вакцинации – ключевой меры профилактики, особенно для групп риска, – а также своевременного лечения гриппа.

Ключевые слова: грипп, мониторинг, A(H1N1)pdm09, летальные случаи, D222G/N.

Для цитирования: Панова А.С., Колосова Н.П., Даниленко А.В., Болдырев Н.Д., Шадринова К.Н., Святченко С.В., Моисеева А.А., Даниленко Е.И., Онхонова Г.С., Гончарова Н.И., Брагина М.К., Трегубчак Т.В., Бауэр Т.В., Сивай М.В., Максименко Л.В., Максюткова А.В., Марченко В.Ю. Выявление мутаций D222G/N в случаях с летальным исходом в вирусах гриппа A(H1N1)pdm09, доминировавших в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 61–72. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-61-72

Detection of D222G/N Mutations in Fatal Cases in A(H1N1)pdm09 Influenza Viruses Dominant in the 2024–2025 Season in the Russian Federation

Anastasia S. Panova, Natalia P. Kolosova, Alexey V. Danilenko, Nikita D. Boldyrev, Kiunnei N. Shadrinova, Svetlana V. Svyatchenko, Anastasiya A. Moiseeva, Elena I. Danilenko, Galina S. Onkhonova, Natalia I. Goncharova, Maria K. Bragina, Tatyana V. Tregubchak, Tatyana V. Bauer, Mariya V. Sivay, Lada V. Maksimenko, Anna V. Maksyutova, Vasiliy Yu. Marchenko

State Research Center of Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, 630559, Russian Federation

Summary

Introduction: Seasonal influenza circulates in an epidemic pattern, with periodic shifts in the dominant subtype driven by antigenic drift and population immunity. Mutations in surface proteins – particularly within the hemagglutinin receptor-binding site (RBS) – enable the virus to evade host immune responses. Among these, the D222G/N substitution has been associated with increased virulence of A(H1N1)pdm09 viruses.

Objective: Genetic characterization of viruses detected in influenza cases in the Russian Federation in the 2024–2025 epidemic season.

Materials and methods: From September 10, 2024, to June 19, 2025, 1,931 specimens from patients with influenza, including 240 autopsy samples, were tested by RT-PCR. For 420 samples with sufficient genetic material, influenza virus genome sequences were obtained using NGS.

Results: During the 2024–2025 flu season, A(H1N1)pdm09 viruses predominated in the Russian Federation. Influenza B/Victoria lineage viruses were less frequent while influenza A (H3N2) cases were sporadic. Most fatal cases occurred in individuals belonging to risk groups, with a notably low vaccination coverage among them. Among fatal A(H1N1)pdm09 cases, the HA-D222N mutation – a marker of enhanced virulence – was detected in the major viral variant in 19.0 % of sequenced samples. Additionally, D222G/N mutations were identified in minor variants in 10.1 % of fatal cases. Notably, the D222N mutation in the major variant was also found in one recovered A(H1N1)pdm09 case (0.5 %). Resistance markers to antiviral drugs – oseltamivir (1.9 %) and baloxavir marboxil (0.4 %) were detected in 6 of all sequenced A(H1N1)pdm09 viruses (2.3 %).

Conclusion: The detection of HA-D222G/N mutations associated with increased virulence and fatality from A(H1N1)pdm09 viruses underscores the importance of vaccination as a key preventive measure, particularly for population groups at risk, and timely treatment for influenza.

Keywords: influenza, monitoring, A(H1N1)pdm09, fatal cases, D222G/N.

Cite as: Panova AS, Kolosova NP, Danilenko AV, Boldyrev ND, Shadrinova KN, Svyatchenko SV, Moiseeva AA, Danilenko EI, Onkhonova GS, Goncharova NI, Bragina MK, Tregubchak TV, Bauer TV, Sivay MV, Maksimenko LV, Maksyutova AV, Marchenko VYu. Detection of D222G/N mutations in fatal cases in A(H1N1)pdm09 influenza viruses dominant in the 2024–2025 season in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):61–72. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-61-72

Введение. Сезонный грипп характеризуется выраженной сезонной динамикой, с эпидемическим подъемом заболеваемости, приходящимся преимущественно на зимние месяцы в Северном полушарии, при этом доминирующий тип и подтип вируса может варьироваться из года в год. Среди вирусов гриппа А в циркуляции часто преобладает один из двух подтипов: A(H1N1)pdm09 или A(H3N2), в зависимости от эпидемического сезона. Это может быть связано как с уровнем популяционного иммунитета к циркулирующим вариантам, так и с антигенной изменчивостью вируса гриппа. Накопление точечных мутаций в генах поверхностных белков позволяет вирусу гриппа ускользать от иммунного ответа хозяина и влияет на его вирулентные свойства [1]. Особую важность имеют мутации в области рецептор-связывающего сайта (receptor-binding site, RBS) гемагглютинина (HA), поскольку они могут влиять на тропизм вируса к тканям респираторного тракта [2].

Эволюция вирусов гриппа подтипа A(H1N1) сопровождалась появлением мутаций как в антигенных сайтах, так и в RBS и прилегающих к нему областях [3, 4]. В этом отношении аминокислотная позиция 222 в субъединице HA1, расположенная в петле 220 рецептор-связывающего сайта, является одной из наиболее важных. Аминокислотные замены в этом положении влияют на структуру RBS и могут приводить к изменению рецепторной специфичности и повышению вирулентности вируса.

Мутации D222G/N ассоциированы с повышенной вирулентностью и летальностью вирусов гриппа подтипа A(H1N1) [5–7]. Мутация D222G была выявлена в вирусах гриппа A(H1N1), циркулировавших во время одной из крупнейших пандемий XX века – испанки. Данная мутация была обнаружена в двух из пяти пандемических вирусов с определенными последовательностями HA [8]. Мутация D222G также спорадически выявлялась в некоторых штаммах вирусов A(H1N1), циркулировавших среди людей до пандемии свиного гриппа 2009–2010 гг. Хотя изначально пандемический штамм вируса гриппа A(H1N1)pdm09 не имел мутаций в позиции 222, во время пандемии замена D222G выявлялась в вирусах от случаев гриппа с тяжелым течением и летальным исходом в Нидерландах [9], Норвегии [10], Гонконге [11, 12], Бразилии [1] и других странах [13–15].

Мониторинг присутствия полиморфизмов в позиции 222 HA вирусов от тяжелых случаев заболевания показал, что частота выявляемости разных полиморфных вариантов может варьировать от одного эпидемического сезона к другому. Так, в эпидемическом сезоне 2018–2019 гг. замена D222G

выявлялась чаще, чем D222N. В сезоне 2022–2023 гг., наоборот, вариант D222N выявлялся чаще, чем D222G. Преимущественный отбор субпопуляций вируса, несущих тот или иной вариант аминокислоты в позиции 222, может быть тесно связан с генетическим окружением и функциональной стабильностью RBS. Изменения в RBS могут приводить к компенсаторным заменам в соседних областях [16] для сохранения структурной и функциональной целостности HA. Таким образом, важным является проведение сравнительного анализа частоты выявляемости различных полиморфизмов в позиции 222 в HA вирусов гриппа A(H1N1)pdm09, относящихся к разным генетическим кладам и циркулирующих в разные эпидемические сезоны.

Вирусы гриппа A(H1N1)pdm09 с D222 обладают повышенным сродством с $\alpha 2,6$ -сиаловыми рецепторами, продуцируемыми клетками верхних дыхательных путей человека [2, 17]. Было показано, что мутации D222G/N усиливают связывание с $\alpha 2,3$ -сиаловыми рецепторами, характерными для нижних дыхательных путей и альвеол [2, 9, 18]. Повышенный тропизм вируса гриппа к клеткам нижних отделов респираторного тракта человека может приводить к более вероятному развитию вирусной пневмонии [19, 20].

Для понимания полной клинической и эпидемиологической значимости этих мутаций требуется постоянный мониторинг и детальное исследование случаев тяжелого течения гриппа, включая летальные исходы.

Цель исследования: генетическая характеристика вирусов гриппа, выявленных в Российской Федерации в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг.

Материалы и методы. В течение эпидемического сезона гриппа с 10 сентября 2024 г. по 19 июня 2025 г. ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора из 81 регионального учреждения Роспотребнадзора¹ были получены образцы от пациентов с диагнозом грипп: 1691 образец от случаев с выздоровлением (носоглоточные мазки) и 240 образцов аутопсийного материала (фрагменты нижних дыхательных путей). Клинический материал был собран в региональных учреждениях здравоохранения после оформления письменного информированного согласия пациентов или их родственников в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации [21].

В ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора был проведен подтверждающий ПЦР-анализ поступивших образцов, по результатам которого наличие генетического материала вирусов гриппа А и/или В было выявлено в 1571 случае (табл. 1).

¹ ФБУЗ ЦГиЭ в субъектах Российской Федерации: Алтайский край, Амурская область, Архангельская область, Астраханская область, Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Волгоградская область, Вологодская область, Воронежская область, ЕАО, Забайкальский край, Ивановская область, Иркутская область, Кабардино-Балкарская Республика, Калининградская область, Калужская область, Камчатский край, Карачаево-Черкесская Республика, Кемеровская область – Кузбасс, Костромская область, Краснодарский край, Красноярский край, Курганская область, Курская область, Липецкая область, Магаданская область, Московская область, Мурманская область, Нижегородская область, Новгородская область, Новосибирская область, Омская область, Оренбургская область, Орловская область, Пензенская область, Пермский край, Приморский край, Псковская область, Республика Адыгея, Республика Алтай, Республика Башкортостан, Республика Бурятия, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Калмыкия, Республика Карелия, Республика Коми, Республика Крым, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Саха (Якутия), Республика Северная Осетия – Алания, Республика Татарстан, Республика Тыва, Республика Хакасия, Ростовская область, Рязанская область, Самарская область, Санкт-Петербург, Саратовская область, Сахалинская область, Свердловская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Тверская область, Томская область, Тульская область, Тюменская область, Удмуртская Республика, Ульяновская область, Хабаровский край, ХМАО – Югра, Челябинская область, Чеченская Республика, Чувашская Республика, Чукотский автономный округ, ЯНАО, Ярославская область; ФКУЗ Волгоградский ПЧИ; ФКУЗ Ростовский-на-Дону ПЧИ.

Таблица 1. Количество случаев заболевания гриппом, для которых подтверждено наличие генетического материала вирусов гриппа А и/или В

Table 1. The number of confirmed influenza A and/or B cases

Подтип вируса гриппа / Influenza virus subtype	Количество подтвержденных случаев / Confirmed cases	Количество подтвержденных случаев с летальным исходом / Confirmed fatal cases
A(H1N1)pdm09	852 (54,2 %)	154
A(H3N2)	67 (4,3 %)	2
B	649 (41,3 %)	61
A(H1N1)pdm09 и B коинфекция / A(H1N1)pdm09 and B co-infection	3 (0,2 %)	0
Всего / Total	1571	217

В культуре клеток MDCK выделены 145 изолятов A(H1N1)pdm09 (в том числе 32 – от летальных случаев), 13 изолятов A(H3N2) и 92 изолята вируса гриппа В (в том числе 14 – от летальных случаев).

Из 240 случаев заболевания с летальным исходом, для которых в региональных учреждениях здравоохранения был установлен диагноз «грипп», в 182 случаях (75,8 %) пациенты относились к группе риска по возрасту и/или сопутствующим заболеваниям, согласно критериям ВОЗ² (табл. 2). При этом только в 8 случаях (3,3 %) пациенты были вакцинированы. В 6 из 8 случаев вакцинированные пациенты относились к группе риска.

Для подтвержденных клинических образцов с достаточным количеством генетического материала вируса гриппа, а также для изолятов MDCK с помощью платформы Illumina MiSeq были определены нуклеотидные последовательности вирусных генов от 264 случаев гриппа A(H1N1)pdm09 (включая 79 случаев с летальным исходом), 32 случаев гриппа A(H3N2) (включая 3 случая с летальным исходом) и 124 случаев гриппа В (включая 24 случая с летальным исходом).

В эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. было проведено углубленное изучение полиморфизма 222D/G/N в образцах вируса гриппа A(H1N1)pdm09 описанным ранее методом [2, 22].

Результаты

Анализ вирусов гриппа A(H1N1)pdm09

Согласно результатам генетического анализа, 98,0 % исследованных в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. вирусов гриппа A(H1N1)pdm09 принадлежали кладе 6В.1А.5а.2а, 2,0 % вирусов

относились к субкладе 5а.2а.1. Вирусы данных кладе генетически и антигенно схожи с вакцинным штаммом A/Victoria/4897/2022, рекомендованным ВОЗ для Северного полушария на 2024–2025 гг. При этом в 6 вирусах клады 5а.2а в НА обнаружены аминокислотные замены, которые могут оказывать влияние на антигенные свойства вируса: N125D (1), A139D (1), D187V (1), N276S (1), T278I (2).

Углубленное изучение полиморфизма 222D/G/N в вирусах A(H1N1)pdm09 от случаев с летальным исходом

В вирусах A(H1N1)pdm09 от 15 случаев гриппа с летальным исходом выявлен маркер повышенной патогенности D222N в мажорном варианте (более 50 % прочтений в образце), что составляет 19,0 % от исследованных в сезоне летальных случаев гриппа A(H1N1)pdm09. В 2 из 15 вирусов с мутацией D222N было выявлено одновременное присутствие мутации D222G в минорном варианте (количество прочтений на кодон – более 20) (табл. 3).

Дополнительно в 8 случаях (10,1 %) в вирусах A(H1N1)pdm09 выявлены мутации D222G/N в минорном варианте (количество прочтений на кодон – более 20). В одном случае выявлено одновременное присутствие G222 и N222 в минорном варианте (табл. 4).

Общий анализ выявил значительный уровень НА 222D/G/N полиморфизма в вирусах A(H1N1)pdm09 от летальных случаев гриппа, как и в предыдущие сезоны, в которых доминировал данный подтип [23]. В 29,1 % образцов от всех исследованных летальных случаев A(H1N1)pdm09 с достаточным NGS-покрытием обнаружено присутствие мутации D222G/N в одном из вариантов. Необходимо

Таблица 2. Пациенты, относящиеся к группе риска, согласно критериям ВОЗ

Table 2. Patients at risk according to WHO criteria

Группа риска (ВОЗ) / Risk group (WHO)	Количество случаев / Number of cases
Люди старше 65 лет / People aged 65 years and older	132 (72,5 %)
в том числе с сопутствующими заболеваниями / including those with concomitant diseases	56 (30,8 %)
Дети в возрасте до 5 лет / Children under 5 years of age	16 (8,8 %)
в том числе с сопутствующими заболеваниями / including those with concomitant diseases	3 (1,6 %)
Лица от 5 до 65 лет с сопутствующими заболеваниями / People aged 5 to 65 years with concomitant diseases	34 (18,7 %)
Всего / Total	182 (100 %)

² WHO. Influenza (Seasonal). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(seasonal\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(seasonal)) (дата обращения: 23.10.2025).

Таблица 3. Анализ полиморфизма 222D/G/N в образцах вируса A(H1N1)pdm09 от случаев с летальным исходом (мутация D222N в мажорном варианте)**Table 3. Analysis of 222D/G/N polymorphism in A(H1N1)pdm09 virus samples from fatal cases (D222N major variant)**

№	Вирус / Virus	Материал / Material*	Покрывтие (число прочтений NGS в позиции HA-222) / Coverage (NGS read count at HA-222)				Покрывтие, % / Coverage, %			Диагноз / Diagnosis	Группа риска (ВОЗ) / Risk group (WHO)	Вакцинация / Vaccination
			Общее / Total	GAT (D)	GGT (G)	AAT (N)	GAT (D)	GGT (G)	AAT (N)			
1	A/Bashkortostan/263-a12V/2025	Пассаж MDCK (НДП) / MDCK passage (LRT)**	3518	249	—	3255	7,1	—	92,5	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
2	A/Chelyabinsk/296-b2V/2025	Первичный (бронх) / Original (bronchus)	92	—	—	82	—	—	89,1	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
	A/Chelyabinsk/296-l2V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	120	28	—	89	23,3	—	74,2			
	A/Chelyabinsk/296-t2V/2025	Пассаж MDCK (трахея) / MDCK passage (trachea)	1308	—	—	1301	—	—	99,5			
3	A/Crimea/430-l9V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	217	—	—	195	—	—	89,9	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
		Пассаж MDCK (легкое) / MDCK passage (lung)	3130	229	—	2885	7,3	—	92,2			
4	A/Yaroslavl/439-l1V/2025	Пассаж MDCK (легкое) / MDCK passage (lung)	2198	—	—	2184	—	—	99,4	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	нет данных / no data	нет данных / no data
5	A/Crimea/497-b12V/2025	Пассаж MDCK (бронх) / MDCK passage (bronchus)	601	52	—	548	8,7	—	91,2	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
6	A/Russia/530-a7V/2025	Первичный (НДП) / Original (LRT)	475	42	103	316	11,6	21,7	66,5	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет данных / no data
7	A/Russia/530-a8V/2025	Первичный (НДП) / Original (LRT)	4750	42	—	4668	0,9	—	98,3	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет данных / no data
8	A/Vologda/580-l2V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	68	—	—	68	—	—	100,0	Летальный / Fatal case	да / yes	нет / no
9	A/Novgorod/631-a1V/2025	Первичный (НДП) / Original (LRT)	2484	106	93	2272	4,3	3,7	91,5	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
		Пассаж MDCK (НДП) / MDCK passage (LRT)	869	—	—	862	—	—	99,2			
10	A/Komi/640-b6V/2025	Первичный (бронх) / Original (bronchus)	3285	1344	—	1919	40,9	—	58,4	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
		Пассаж MDCK (бронх) / MDCK passage (bronchus)	966	—	—	963	—	—	99,7			
11	A/Russia/648-l1V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	2162	—	—	2138	—	—	98,9	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	нет данных / no data	нет данных / no data
		Пассаж MDCK (легкое) / MDCK passage (lung)	477	—	—	473	—	—	99,2			
12	A/JAO/665-t2V/2025	Пассаж MDCK (трахея) / MDCK passage (trachea)	946	—	—	938	—	—	99,2	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет данных / no data
13	A/Krasnoyarsk/710-s1V/2025	Первичный (селезенка) / Original (spleen)	1905	900	—	988	47,2	—	51,9	Летальный / Fatal case	да / yes	нет / no
	A/Krasnoyarsk/710-r1V/2025	Пассаж MDCK (легкое) / MDCK passage (lung)	2482	—	—	2470	—	—	99,5			
14	A/Krasnoyarsk/710-l2V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	1749	402	—	1342	23,0	—	76,7	Летальный / Fatal case	да / yes	нет данных / no data
15	A/Russia/715-a6V/2025	Первичный (НДП) / Original (LRT)	70	—	—	60	—	—	85,7	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	нет данных / no data	нет данных / no data

* — вид исследованного материала (для первичного материала — указание исследованного органа; для пассажей — указание фрагмента органа, из которого был выделен изолят) / the type of the sample tested (the organ in case of original material; the organ used for virus isolation in case of MDCK passage);

** — НДП — нижние дыхательные пути (орган не уточнен) / LRT, lower respiratory tract (organ not specified).

Таблица 4. Анализ полиморфизма 222D/G/N в образцах вируса A(H1N1)pdm09 от случаев с летальным исходом (мутации D222G/N в минорном варианте)
Table 4. Analysis of 222D/G/N polymorphism in A(H1N1)pdm09 virus samples from fatal cases (D222G/N minor variant)

№	Вирус / Virus	Материал / Material	Покрывтие (число прочтений NGS в позиции HA-222) / Coverage (NGS read count at HA-222)				Покрывтие, % / Coverage, %			Диагноз / Diagnosis	Группа риска (ВОЗ) / Risk group (WHO)	Вакцинация / Vaccination
			Общее / Total	GAT (D)	GGT (G)	AAT (N)	GAT (D)	GGT (G)	AAT (N)			
1	A/Yaroslavl/439-11V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	1235	762	—	462	61,7	—	37,4	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	нет данных / no data	нет данных / no data
2	A/Crimea/460-110V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	2062	1947	—	96	94,4	—	4,7	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
3	A/Saint Petersburg/552-11V/2025	Пассаж MDCK (трахея) / MDCK passage (trachea)	627	517	106	—	82,5	16,9	—	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
4	A/Vladimir/573-12V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	188	98	—	83	52,1	—	44,2	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	нет данных / no data	нет данных / no data
5	A/Tula/583-12V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	5400	4090	158	864	75,7	2,9	16,0	Летальный / Fatal case	да / yes	нет / no
6	A/Russia/601-a71V/2025	Первичный (НДП) / Original (LRT)	212	190	—	22	89,6	—	10,4	Летальный / Fatal case	да / yes	нет данных / no data
7	A/Novgorod/729-1t3V/2025	Первичный (легкое, трахея) / Original (lung, trachea)	2142	1626	—	482	75,9	—	22,5	Летальный, пневмония / Fatal case, pneumonia	да / yes	нет / no
8	A/Khakassia/753-r11V/2025	Первичный (легкое) / Original (lung)	3128	2970	—	131	95,0	—	4,2	Летальный / Fatal case	да / yes	нет / no
	A/Khakassia/753-r11V/2025	Пассаж MDCK (легкое) / MDCK passage (lung)	2198	1769	—	420	80,5	—	19,1	Летальный / Fatal case		

* – вид исследованного материала (для первичного материала – указание исследованного органа; для пассажей – указание фрагмента органа, из которого был выделен изолят) / the type of the sample tested (the organ in case of original material; the organ used for virus isolation in case of MDCK passage);

** – НДП – нижние дыхательные пути (орган не уточнен) / LRT, lower respiratory tract (organ not specified).

отметить, что среди случаев гриппа A(H1N1)pdm09 с летальным исходом, для которых были получены и исследованы вирусные геномные последовательности, 75,9 % были ассоциированы с группой риска, согласно критериям ВОЗ, и в 60,8 % случаев была диагностирована пневмония (табл. 5), что наблюдалось и в предыдущие годы [23].

Из 185 исследованных образцов от случаев гриппа A(H1N1)pdm09 с выздоровлением мутация D222N была выявлена только в одном случае в мажорном варианте, в минорном варианте мутации D222G/N выявлены не были.

Анализ вирусов гриппа A(H3N2)

Генетический анализ показал, что исследованные вирусы A(H3N2), включая вирусы от случаев с летальным исходом, принадлежали субкладе 2a.3a.1 (3c.2a1b.2a.2a.3a.1), как и вакцинный штамм A/Thailand/8/2022, рекомендованный ВОЗ для Северного полушария на 2024–2025 гг. Один вирус A(H3N2) принадлежал субкладе 2a.3b (3c.2a1b.2a.2a.3b). Вирусы этой субклады редко встречаются в циркуляции в мире (к субкладе 2a.3b относятся 0,4 % вирусов A(H3N2), опубликованных в GISAID с 01.09.2024).

Во всех исследованных вирусах A(H3N2) субклады 2a.3a.1 были выявлены те или иные аминокислотные замены в НА по сравнению с вирусом A/Thailand/8/2022, некоторые из которых могут оказывать влияние на антигенные свойства: N8D (24,1 %), N63K (13,8 %), T65K (27,6 %), S96N (6,9 %), N122D (100,0 %), S124N (37,9 %), T135A (6,9 %), S143P (6,9 %), S145N (24,1 %). Мутаций повышенной патогенности и вирулентности выявлено не было.

Анализ вирусов гриппа В

Как и в прошлый эпидемический сезон, все исследованные в 2024–2025 гг. вирусы гриппа В, включая вирусы от случаев с летальным исходом, принадлежали генетической линии Victoria и кладе V1A.3a.2, к которой также относится вакцинный штамм B/Austria/1359417/2021 для Северного полушария [21]. В 97,7 % случаев в гемагглютинине вирусов B/Victoria была выявлена аминокислотная замена D197E, в 79,0 % случаев – замена D129N, в 1,6 % случаев – замена E128G. Охарактеризованные вирусы B/Victoria не имели мутаций, связанных с повышенной вирулентностью и патогенностью.

Чувствительность к лекарственным препаратам

Согласно результатам анализа последовательностей NA в пяти вирусах гриппа A(H1N1)pdm09

Вирусов гриппа B/Yamagata в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. выявлено не было.

Согласно результатам анализа последовательностей NA в пяти вирусах гриппа A(H1N1)pdm09

Таблица 5. HA-222D/G/N полиморфизм в вирусах A(H1N1)pdm09
Table 5. HA-222D/G/N polymorphism in A(H1N1)pdm09 viruses

	Всего / Total	D222N мажорный вариант / D222N major variant	D222G/N минорный вариант / D222G/N minor variant	222G + 222N
Количество летальных случаев заболевания гриппом A(H1N1)pdm09, для которых определены геномные последовательности / Number of fatal influenza A(H1N1)pdm09 cases with determined virus genome sequences	79 (100,0 %)	15 (19,0 %)	8 (10,1 %)	3 (3,8 %)
Количество случаев заболевания грип- пом A(H1N1)pdm09 с выздоровлением, для которых определены геномные последовательности / Number of recovered influenza A(H1N1) pdm09 cases with determined virus genome sequences	185 (100,0 %)	1 (0,5 %)	—	—
Пневмония / Pneumonia	48 (60,8 %)	11	5	2
Группа риска (ВОЗ) / Risk group (WHO)	60 (75,9 %)	12	6	3

выявлены маркеры, ассоциированные со снижением ингибирующей активности антинейраминидазного препарата осельтамивира – D199G (1–0,4 %), S247G (1–0,4 %) и H275Y (3–1,1 %) – согласно списку маркеров ВОЗ³. По результатам анализа последовательностей PA в одном вирусе A(H1N1)pdm09 (0,4 %) была выявлена мутация сниженной чувствительности к балоксавиру марбоксилу – I38V, согласно списку маркеров ВОЗ⁴.

Обсуждение. С сентября 2024 г. по январь 2025 г. выявляемость гриппа была ниже по сравнению с тем же отчетным периодом в сезоне 2023–2024 гг. В Российской Федерации первые случаи заболеваемости гриппом регистрировались с сентября 2024 г., однако 10%-й эпидемиологический порог заболеваемости был превышен лишь на 5-й неделе 2025 г. (12,71 %)⁵. Пик числа выявленных случаев гриппа в Российской Федерации пришелся на 10-ю неделю 2025 г. (24,48 %). По состоянию на 1 июня 2025 г. выявляемость гриппа составила 1,8 % (22-я неделя 2025 г.).

В течение эпидемиологического сезона 2024–2025 гг. преобладающие вирусы различались между странами. В глобальном масштабе количество выявленных случаев вируса гриппа А значительно превышало количество выявленных случаев гриппа В, при этом преобладающим в большинстве стран был подтип A(H1N1)pdm09. В Российской Федерации в 2024–2025 гг., согласно результатам проводимого нами мониторинга, в циркуляции также преобладали вирусы гриппа A(H1N1)pdm09, в меньшей мере выявлялись вирусы гриппа В и спорадически регистрировались случаи заболевания гриппом A(H3N2), что соотносится с данными FluNet.

Генетический анализ выявленных в мире вирусов A(H1N1)pdm09 показал, что гены HA большинства вирусов принадлежат кладам 5a.2a

и 5a.2a.1 и продолжают диверсифицироваться. При этом было показано хорошее антигенное соответствие штамма A/Victoria/4897/2022 большинству циркулировавших вирусов A(H1N1)pdm09, в связи с чем ВОЗ было рекомендовано включение этого штамма в состав противогриппозной вакцины для Северного полушария на эпидемиологический сезон 2025–2026 гг.⁶ Как и в прошлом эпидемиологическом сезоне [21], большинство выявленных в рамках проводимого нами мониторинга вирусов гриппа A(H1N1)pdm09 относились к кладе 5a.2a, в связи с чем можно предположить хорошее соответствие данного компонента противогриппозной вакцины ожидаемым в циркуляции в 2025–2026 гг. вирусам.

Большинство вирусов A(H3N2), выявленных в мире с сентября 2024 г., принадлежало субкладе 2a.3a.1, как и вакцинный штамм A/Thailand/8/2022, рекомендованный ВОЗ для Северного полушария на 2024–2025 гг. [21]. Однако для значимого количества выявленных в эпидемиологическом сезоне вирусов A(H3N2), особенно с заменами S145N, N158K или K189R в HA или их комбинациями, было показано снижение антигенного соответствия штамму A/Thailand/8/2022. В связи с этим ВОЗ было рекомендовано включить в состав вакцины для Северного полушария на 2025–2026 гг. новый компонент A(H3N2) – штамм A/Croatia/10136RV/2023 с характерной заменой S145N7. Среди выявленных нами на территории Российской Федерации вирусов гриппа A(H3N2) также преобладала субклада 2a.3a.1. При этом 24,1 % выявленных вирусов содержали в HA аминокислотную замену S145N, как и новый вакцинный штамм A/Croatia/10136RV/2023. Таким образом, новый компонент вакцины должен иметь хорошее соответствие ожидаемым в эпидсезоне 2025–2026 гг. вирусам гриппа A(H3N2).

³ Summary of neuraminidase (NA) amino acid substitutions associated with reduced inhibition by neuraminidase inhibitors (NAIs). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-neuraminidase-\(na\)-amino-acid-substitutions-associated-with-reduced-inhibition-by-neuraminidase-inhibitors-\(nais\)](https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-neuraminidase-(na)-amino-acid-substitutions-associated-with-reduced-inhibition-by-neuraminidase-inhibitors-(nais)).

⁴ Summary of polymerase acidic (PA) protein amino acid substitutions analysed for their effects on baloxavir susceptibility. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-polymerase-acidic-\(pa\)-protein-amino-acid-substitutions-analysed-for-their-effects-on-baloxavir-susceptibility](https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-polymerase-acidic-(pa)-protein-amino-acid-substitutions-analysed-for-their-effects-on-baloxavir-susceptibility).

⁵ WHO. Global Influenza Programme. FluNet. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/tools/fluNet>

⁶ Recommended composition of influenza virus vaccines for use in the 2025–2026 northern hemisphere influenza season. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/publications/m/item/recommended-composition-of-influenza-virus-vaccines-for-use-in-the-2025-2026-nh-influenza-season> (дата обращения: 23.10.2025).

Большинство выявленных в мире в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. вирусов гриппа B/Victoria относились к кладе 3a.2 и были генетически и антигенно сходны с вакцинным штаммом B/Austria/1359417/2021, рекомендованным ВОЗ для Северного полушария, как и в прошлый эпидемический сезон [21]. В течение сезона вирусы клады 3a.2 продолжали диверсифицироваться, причем подавляющее большинство содержало аминокислотную замену D197E в HA. По результатам серологических исследований вирусов B/Victoria, выявленных в 2024–2025 гг., ВОЗ было принято решение о соответствии вакцинного штамма B/Austria/1359417/2021 большинству циркулировавших в мире вирусов гриппа B и о его включении в состав противогриппозной вакцины для Северного полушария на 2025–2026 гг. Выявленные в рамках проводимого нами мониторинга вирусы гриппа B/Victoria также принадлежали кладе 3a.2, и в большинстве из них была обнаружена замена HA-D197E. Таким образом, ожидается хорошее соответствие компонента вакцины B/Victoria вирусам, ожидаемым в циркуляции в следующем эпидемическом сезоне.

Вирусы генетической линии B/Yamagata не были выявлены в циркуляции в мире и Российской Федерации.

Согласно данным мониторинга ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. было выявлено больше леталь-

ных случаев заболевания гриппом, чем в сезоне 2023–2024 гг., характеризующемся преобладанием в циркуляции вируса гриппа A(H3N2) [21] (217 и 97 подтвержденных случаев соответственно). В большинстве образцов от случаев с летальным исходом, поступивших с сентября 2024 г., были выявлены вирусы гриппа A(H1N1)pdm09 (71,0 %). Полученные данные соотносятся с нашими наблюдениями, что эпидемические сезоны, в которых преобладает вирус гриппа A(H1N1)pdm09, отличаются повышенной тяжестью, что подтверждается проведенными ранее исследованиями [6, 21–23].

При изучении вирусов A(H1N1)pdm09 от летальных случаев гриппа в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. в 19,0 % вирусов в HA была выявлена мутация повышенной вирулентности D222N в мажорном варианте (табл. 6). В 10,1 % вирусов мутации D222G/N были выявлены в минорном варианте, в 3,8 % исследованных вирусов было зарегистрировано одновременное присутствие G222 и N222.

В предыдущем сезоне доминирования вируса A(H1N1)pdm09 – 2022–2023 гг. – в гемагглютinine выделенных от пациентов с летальным исходом штаммов A(H1N1)pdm09 в мажорном варианте также преимущественно выявлялась замена D222N, при этом доля замены D222G в мажорном варианте была незначительной [22] (табл. 6). В отличие от этого, в сезоне доминирования A(H1N1)pdm09 2018–2019 гг., до пандемии COVID-19, в летальных случаях преобладал полиморфный вариант с заменой D222G [23, 28]

Таблица 6. Выявление мутаций HA-D222G/N в разные эпидемические сезоны с доминированием вируса гриппа A(H1N1)pdm09

Table 6. Detection of HA-D222G/N mutations in different influenza seasons with the dominant A(H1N1)pdm09 virus

	Эпидемический сезон / Epidemic season	Выявление мутаций D222G/N в образцах от летальных случаев A(H1N1)pdm09 (%) / Detection of D222G/N mutations in samples from A(H1N1)pdm09 fatal cases (%)
G222 в мажорном варианте / 222G major variant		
Всего / Total	2018–2019	29,8
	2022–2023	2,2
	2024–2025	0,0
В том числе с N222 в минорном варианте / of which 222N minor variant	2018–2019	14,9
	2022–2023	1,1
	2024–2025	0,0
N222 в мажорном варианте / 222N major variant		
Всего / Total	2018–2019	8,5
	2022–2023	28,0
	2024–2025	19,0
В том числе с G222 в минорном варианте / of which 222G minor variant	2018–2019	6,4
	2022–2023	15,1
	2024–2025	2,5
G/N222 в минорном варианте / 222G/N minor variant		
222G	2018–2019	4,3
	2022–2023	1,1
	2024–2025	1,3
222N	2018–2019	0,0
	2022–2023	9,7
	2024–2025	7,6
222N + 222G	2018–2019	14,9
	2022–2023	3,2
	2024–2025	1,3

(табл. 6). Ранее была выдвинута гипотеза, согласно которой отбор мутаций D222G/N в гемагглютанине вирусов A(H1N1)pdm09 зависит от первичной структуры RBS [23]. После пандемии COVID-19 произошла смена доминирующей клады вируса A(H1N1)pdm09. Новая клада 6B.1A.5a.2a генетически и антигенно отличалась от предпандемических вариантов и содержала изменения в RBS. Эти изменения, по-видимому, способствовали преимущественному накоплению мутации D222N в первом постпандемическом сезоне гриппа с доминированием A(H1N1)pdm09 – 2022–2023 гг. Наблюдаемое преобладание мутации D222N в сезоне 2024–2025 гг. коррелирует со стабильностью структуры RBS у вирусов A(H1N1)pdm09, циркулирующих с 2022–2023 гг.

Проведенный ранее сравнительный анализ частоты встречаемости полиморфизмов в гемагглютанине вирусов гриппа A(H1N1)pdm09 показал, что доля вирусных субпопуляций, несущих аминокислотные замены HA-D222G/N, выше в образцах вируса, полученных из нижних дыхательных путей, чем в образцах, полученных из верхних дыхательных путей [2, 9, 22]. Результаты исследований позволяют предположить, что при попадании полиморфной вирусной популяции в нижние дыхательные пути происходит селекция субпопуляции, несущей замену HA-D222G/N. При этом во время инфицирования мутации HA-D222G/N могут отсутствовать или не быть доминирующими.

Отбор мутаций D222G/N внутри инфицированного организма происходит из-за приобретенной повышенной способности вируса с мутацией к связыванию с $\alpha 2,3$ -рецепторами сиаловой кислоты, продуцируемыми преимущественно клетками нижних дыхательных путей человека [24]. Однако у таких мутантных штаммов ослаблен тропизм к клеткам верхних дыхательных путей, где преимущественно присутствуют сиаловые рецепторы типа $\alpha 2,6$, что обуславливает их пониженную трансмиссивность среди людей. Сниженная способность вируса распространяться через инфекцию верхних дыхательных путей может объяснить низкую циркуляцию вирусов с мажорными вариантами мутаций D222G/N [6, 25]. Необходимо отслеживать адаптацию вируса с мутациями D222G/N к размножению в верхних дыхательных путях, так как это может привести к повышению трансмиссивности.

В нескольких исследованиях сообщалось о присутствии мутаций D222G/N в случаях заболевания гриппом с легким течением и выздоровлением [14, 26, 27]. В Российской Федерации такие случаи выявлялись в эпидемических сезонах 2018–2019 гг. [28], 2022–2023 гг. [22], а также в сезоне 2024–2025 гг. Мутации D222G/N редко выявляются в вирусах от пациентов с благоприятным исходом, и их обнаружение в мазках таких случаев может указывать на возможный контакт с тяжелооболеченными пациентами, у которых произошел отбор этих мутаций в нижних дыхательных путях. Это подчеркивает необходимость особого внимания к защите контактных лиц

от заражения вирусом, который может содержать мутации повышенной патогенности.

В большинстве исследованных ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора в 2024–2025 гг. случаев заболевания гриппом с летальным исходом пациенты относились к группе риска, согласно критериям ВОЗ, как отмечалось и в предыдущие годы [22, 28]. В связи с этим при проведении профилактических и диагностических мероприятий, а также при лечении сезонного гриппа особое внимание следует уделять лицам, относящимся к группе повышенного риска. Климатические и/или социокультурные особенности региона, такие как запыленный воздух (пыльные бури, угольные шахты, смог), курение, традиция готовить пищу на открытом огне, способствующие формированию тонкодисперсных аэрозолей нерастворимых частиц, проникающих в нижние отделы дыхательных путей, также могут оказаться дополнительными факторами риска развития тяжелого течения заболевания [6]. В связи с этим необходимо проведение дополнительных клинических исследований для оценки влияния вышеуказанных факторов на риск развития тяжелого течения заболевания при заражении вирусами гриппа A(H1N1)pdm09.

Выявление мутации HA-D222G/N в вирусах A(H1N1)pdm09 и их ассоциация с повышенной вирулентностью и летальностью подчеркивает важность усиленной профилактики и своевременного лечения.

Важным фактором риска, влияющим на тяжесть заболевания гриппом и, в частности, гриппом A(H1N1)pdm09 с мутациями D222G/N, является пониженный иммунитет, который может способствовать проникновению вируса в нижние отделы дыхательных путей [23]. Накануне эпидемического сезона 2024–2025 гг. охват населения Российской Федерации вакцинацией составил около 55 %⁷. Среди исследованных в ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора случаев заболевания гриппом с летальным исходом отмечался низкий процент вакцинированных лиц (3,3 % случаев). Это подчеркивает важную роль вакцинации в защите населения, особенно лиц, относящихся к группе повышенного риска, от осложнений гриппа, в том числе связанных с возникновением мутаций HA-D222G/N. Поскольку мутация HA-D222G/N не оказывает значимого влияния на антигенные свойства вирусов A(H1N1)pdm09, имеющиеся в настоящее время противогриппозные вакцины должны обладать такой же протективностью в отношении вирусов с мутацией D222G/N, как и без нее [9].

Наряду с вакцинацией важную роль в борьбе с гриппом играют противовирусные препараты. Учитывая высокую селективность противогриппозных препаратов, для обеспечения эффективности лечения важным является мониторинг за чувствительностью циркулирующих вирусов к имеющимся лекарственным средствам. В рамках проводимого нами мониторинга регистрировались единичные случаи выявления штаммов вируса гриппа с мутациями

⁷ Роспотребнадзор: в рамках Всероссийской кампании по вакцинации против гриппа привито свыше 79,8 млн человек. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rosпотребнадзор.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=28900&sphrase_id=5579691. (дата обращения: 23.10.2025).

сниженной чувствительности к противовирусным препаратам. Так, в эпидемическом сезоне 2022–2023 гг. был выявлен один вирус A(H1N1)pdm09 (0,4 % от исследованных в сезоне вирусов) с аминокислотной заменой NA-R152K, ассоциированной со снижением чувствительности к ингибитору нейраминидазной активности – осельтамивиру [23]. В сезоне 2024–2025 гг. мутации, связанные со снижением ингибирующей активности осельтамивира были выявлены в пяти вирусах A(H1N1)pdm09: D199G (0,4 %), S247G (0,4 %) и H275Y (1,1 %). Дополнительно в одном вирусе A(H1N1)pdm09 (0,4 %) была выявлена аминокислотная замена I38V в белке PA, связанная со сниженной чувствительностью к балоксавиру марбоксилу. Согласно глобальной оценке ВОЗ, частота встречаемости штаммов вируса гриппа со сниженной чувствительностью к ингибиторам NA и PA остается низкой⁸. Таким образом, антинейраминидазные препараты (осельтамивир и занамивир), а также балоксавир марбоксил могут быть использованы в качестве эффективного средства для лечения гриппа А и В на ранних этапах развития заболевания.

Таким образом, продолжающаяся диверсификация вирусов гриппа, способствующая их ускользанию от иммунного ответа и появлению потенциально более патогенных штаммов, подчеркивает необходимость постоянного мониторинга циркулирующих вирусов сезонного гриппа, своевременной вакцинации и оперативного проведения профилактических и лечебных мер.

Выводы

1. В Российской Федерации в эпидемическом сезоне 2024–2025 гг. наблюдалось доминирование вирусов A(H1N1)pdm09 клады 6В.1А.5а.2а; в 2,0 % случаях были выявлены вирусы A(H1N1)pdm09, принадлежащие субкладе 6В.1А.5а.2а.1. Большинство выявленных в сезоне вирусов гриппа А(Н3N2) относились к субкладе 2а.3а.1 (3с.2а1б.2а.2а.3а.1), один вирус принадлежал субкладе 2а.3б (3с.2а1б.2а.2а.3б). Все исследованные вирусы гриппа В принадлежали генетической линии Victoria и кладе V1А.3а.2.

2. В 29,1 % летальных случаев гриппа А(Н1N1)pdm09 была выявлена мутация HA-D222G/N, ассоциированная с повышенной тяжестью заболевания.

3. В 1,9 % вирусах гриппа А(Н1N1)pdm09 выявлены маркеры, ассоциированные со снижением ингибирующей активности антинейраминидазного препарата осельтамивира. В 0,4 % вирусов А(Н1N1)pdm09 выявлена мутация сниженной чувствительности к балоксавиру марбоксилу.

4. Большинство охарактеризованных в 2024–2025 гг. вирусов гриппа А и В были схожи с вакцинными штаммами, рекомендованными ВОЗ для Северного полушария. Для эпидемического сезона 2025–2026 гг. ВОЗ выбран новый компонент А(Н3N2) вакцины для Северного полушария – A/Croatia/10136RV/2023. Предполагается хорошее соответствие всех компонентов противовирусной вакцины вирусам, ожидаемым в циркуляции в 2025–2026 гг.

Благодарности: авторы выражают особую благодарность сотрудникам ФБУЗ «Центров гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора за помощь в сборе и анализе образцов вирусов гриппа.

Acknowledgments: The authors would like to express their sincere gratitude to the personnel of the Centers for Hygiene and Epidemiology for their assistance in specimen collection and testing for seasonal influenza.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Resende PC, Motta FC, Oliveira Mde L, *et al.* Polymorphisms at residue 222 of the hemagglutinin of pandemic influenza A(H1N1)pdm09: Association of quasi-species to morbidity and mortality in different risk categories. *PLoS One*. 2014;9(3):e92789. doi: 10.1371/journal.pone.0092789
2. Danilenko AV, Kolosova NP, Shvalov AN, *et al.* Evaluation of HA-D222G/N polymorphism using targeted NGS analysis in A(H1N1)pdm09 influenza virus in Russia in 2018–2019. *PLoS One*. 2021;16(4):e0251019. doi: 10.1371/journal.pone.0251019
3. de Vries RP, de Vries E, Martínez-Romero C, *et al.* Evolution of the hemagglutinin protein of the new pandemic H1N1 influenza virus: Maintaining optimal receptor binding by compensatory substitutions. *J Virol*. 2013;87(24):13868–13877. doi: 10.1128/JVI.01955-13
4. Soundararajan V, Zheng S, Patel N, *et al.* Networks link antigenic and receptor-binding sites of influenza hemagglutinin: Mechanistic insight into fitter strain propagation. *Sci Rep*. 2011;1:200. doi: 10.1038/srep00200
5. Ruggiero T, De Rosa F, Cerutti F, *et al.* A(H1N1)pdm09 hemagglutinin D222G and D222N variants are frequently harbored by patients requiring extracorporeal membrane oxygenation and advanced respiratory assistance for severe A(H1N1)pdm09 infection. *Influenza Other Respir Viruses*. 2013;7(6):1416–1426. doi: 10.1111/irv.12146
6. Ilyicheva T, Durymanov A, Susloparov I, *et al.* Fatal cases of seasonal influenza in Russia in 2015–2016. *PLoS One*. 2016;11(10):e0165332. doi: 10.1371/journal.pone.0165332
7. Selli M, Piralla A, Rozera G, *et al.* Detection of haemagglutinin D222 polymorphisms in influenza A(H1N1)pdm09-infected patients by ultra-deep pyrosequencing. *Clin Microbiol Infect*. 2013;19(7):668–673. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03984.x
8. Taubenberger JK. The origin and virulence of the 1918 “Spanish” influenza virus. *Proc Am Philos Soc*. 2006;150(1):86–112.
9. Chutinimitkul S, Herfst S, Steel J, *et al.* Virulence-associated substitution D222G in the hemagglutinin of 2009 pandemic influenza A(H1N1) virus affects receptor binding. *J Virol*. 2010;84(22):11802–11813. doi: 10.1128/JVI.01136-10
10. Kilander A, Rykkvin R, Dudman SG, Hungnes O. Observed association between the HA1 mutation D222G in the 2009 pandemic influenza A(H1N1) virus and severe clinical outcome, Norway 2009–2010. *Euro Surveill*. 2010;15(9):19498. doi: 10.2807/ese.15.09.19498-en
11. Chen H, Wen X, To KK, *et al.* Quasispecies of the D225G substitution in the hemagglutinin of pandemic influenza A(H1N1) 2009 virus from patients with severe disease in Hong Kong, China. *J Infect Dis*. 2010;201(10):1517–1521. doi: 10.1086/652661
12. Mak GC, Au KW, Tai LS, *et al.* Association of D222G substitution in haemagglutinin of 2009 pandemic

⁸ Recommended composition of influenza virus vaccines for use in the 2025–2026 northern hemisphere influenza season. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/publications/m/item/recommended-composition-of-influenza-virus-vaccines-for-use-in-the-2025-2026-nh-influenza-season> (дата обращения: 23.10.2025).

- influenza A(H1N1) with severe disease. *Euro Surveill.* 2010;15(14):19534; author reply pii/19535.
13. Vazquez-Perez JA, Isa P, Kobasa D, et al. A (H1N1) pdm09 HA D222 variants associated with severity and mortality in patients during a second wave in Mexico. *Viol J.* 2013;10:41. doi: 10.1186/1743-422X-10-41
 14. Yasugi M, Nakamura S, Daidoji T, et al. Frequency of D222G and Q223R hemagglutinin mutants of pandemic (H1N1) 2009 influenza virus in Japan between 2009 and 2010. *PLoS One.* 2012;7(2):e30946. doi: 10.1371/journal.pone.0030946
 15. Moussi AE, Kacem MA, Pozo F, et al. Frequency of D222G haemagglutinin mutant of pandemic (H1N1) pdm09 influenza virus in Tunisia between 2009 and 2011. *Diagn Pathol.* 2013;8:124. doi: 10.1186/1746-1596-8-124
 16. Koel BF, Burke DF, Bestebroer TM, et al. Substitutions near the receptor binding site determine major antigenic change during influenza virus evolution. *Science.* 2013;342(6161):976-979. doi: 10.1126/science.1244730
 17. Stevens J, Blixt O, Glaser L, et al. Glycan microarray analysis of the hemagglutinins from modern and pandemic influenza viruses reveals different receptor specificities. *J Mol Biol.* 2006;355(5):1143-1155. doi: 10.1016/j.jmb.2005.11.002
 18. Oliveira MJ, Motta Fdo C, Siqueira MM, et al. Molecular findings from influenza A(H1N1)pdm09 detected in patients from a Brazilian equatorial region during the pandemic period. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2014;109(7):912-917. doi: 10.1590/0074-0276140210
 19. Wedde M, Wählich S, Wolff T, Schweiger B. Predominance of HA-222D/G polymorphism in influenza A(H1N1)pdm09 viruses associated with fatal and severe outcomes recently circulating in Germany. *PLoS One.* 2013;8(2):e57059. doi: 10.1371/journal.pone.0057059
 20. Selleri M, Piralla A, Rozera G, et al. Detection of haemagglutinin D222 polymorphisms in influenza A(H1N1) pdm09-infected patients by ultra-deep pyrosequencing. *Clin Microbiol Infect.* 2013;19(7):668-673. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03984.x
 21. Болдырев Н.Д., Панова А.С., Колосова Н.П. и др. Изучение вирусов гриппа, выявленных в случаях с летальным исходом в Российской Федерации в эпидемическом сезоне 2023–2024 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 11. С. 68–74. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-68-74
 22. Kolosova NP, Boldyrev ND, Svyatchenko SV, et al. An investigation of severe influenza cases in Russia during the 2022–2023 epidemic season and an analysis of HA-D222G/N polymorphism in newly emerged and dominant clade 6B.1A.5a.2a A(H1N1)pdm09 viruses. *Pathogens.* 2023;13(1):1. doi: 10.3390/pathogens13010001
 23. Болдырев Н.Д., Панова А.С., Колосова Н.П. и др. Сравнительный анализ вирусов гриппа, выделенных от первых и тяжелых случаев, в эпидемических сезонах до и во время пандемии COVID-19 в России (2019–2023 гг.) // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2023. Т. 41. № 4. С. 21–30. doi: 10.17116/molgen20234104121
 24. Kolosova NP, Ilyicheva TN, Danilenko AV, et al. Severe cases of seasonal influenza in Russia in 2017–2018. *PLoS One.* 2019;14(7):e0220401. doi: 10.1371/journal.pone.0220401
 25. Baldanti F, Campanini G, Piralla A, et al. Severe outcome of influenza A/H1N1/09v infection associated with 222G/N polymorphisms in the haemagglutinin: A multicentre study. *Clin Microbiol Infect.* 2011;17(8):1166-1169. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03403.x
 26. Puzelli S, Facchini M, Spagnolo D, et al. Transmission of hemagglutinin D222G mutant strain of pandemic (H1N1) 2009 virus. *Emerg Infect Dis.* 2010;16(5):863-865. doi: 10.3201/eid1605.091815
 27. Melidou A, Gioula G, Exindari M, Chatzidimitriou D, Diza E, Malisiovas N. Molecular and phylogenetic analysis of the haemagglutinin gene of pandemic influenza H1N1 2009 viruses associated with severe and fatal infections. *Virus Res.* 2010;151(2):192-199. doi: 10.1016/j.virusres.2010.05.005
 28. Kolosova NP, Ilyicheva TN, Danilenko AV, et al. Severe cases of seasonal influenza and detection of seasonal A(H1N2) in Russia in 2018–2019. *Arch Virol.* 2020;165(9):2045-2051. doi: 10.1007/s00705-020-04699-z

REFERENCES

1. Resende PC, Motta FC, Oliveira Mde L, et al. Polymorphisms at residue 222 of the hemagglutinin of pandemic influenza A(H1N1)pdm09: Association of quasi-species to morbidity and mortality in different risk categories. *PLoS One.* 2014;9(3):e92789. doi: 10.1371/journal.pone.0092789
2. Danilenko AV, Kolosova NP, Shvalov AN, et al. Evaluation of HA-D222G/N polymorphism using targeted NGS analysis in A(H1N1)pdm09 influenza virus in Russia in 2018–2019. *PLoS One.* 2021;16(4):e0251019. doi: 10.1371/journal.pone.0251019
3. de Vries RP, de Vries E, Martínez-Romero C, et al. Evolution of the hemagglutinin protein of the new pandemic H1N1 influenza virus: Maintaining optimal receptor binding by compensatory substitutions. *J Virol.* 2013;87(24):13868-13877. doi: 10.1128/JVI.01955-13
4. Soundararajan V, Zheng S, Patel N, et al. Networks link antigenic and receptor-binding sites of influenza hemagglutinin: Mechanistic insight into fitter strain propagation. *Sci Rep.* 2011;1:200. doi: 10.1038/srep00200
5. Ruggiero T, De Rosa F, Cerutti F, et al. A(H1N1)pdm09 hemagglutinin D222G and D222N variants are frequently harbored by patients requiring extracorporeal membrane oxygenation and advanced respiratory assistance for severe A(H1N1)pdm09 infection. *Influenza Other Respir Viruses.* 2013;7(6):1416-1426. doi: 10.1111/irv.12146
6. Ilyicheva T, Durymanov A, Susloparov I, et al. Fatal cases of seasonal influenza in Russia in 2015–2016. *PLoS One.* 2016;11(10):e0165332. doi: 10.1371/journal.pone.0165332
7. Selleri M, Piralla A, Rozera G, et al. Detection of haemagglutinin D222 polymorphisms in influenza A(H1N1) pdm09-infected patients by ultra-deep pyrosequencing. *Clin Microbiol Infect.* 2013;19(7):668-673. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03984.x
8. Taubenberger JK. The origin and virulence of the 1918 “Spanish” influenza virus. *Proc Am Philos Soc.* 2006;150(1):86-112.
9. Chutinimitkul S, Herfst S, Steel J, et al. Virulence-associated substitution D222G in the hemagglutinin of 2009 pandemic influenza A(H1N1) virus affects receptor binding. *J Virol.* 2010;84(22):11802-11813. doi: 10.1128/JVI.01136-10
10. Kilander A, Rykkvin R, Dudman SG, Hungnes O. Observed association between the HA1 mutation D222G in the 2009 pandemic influenza A(H1N1) virus and severe clinical outcome, Norway 2009–2010. *Euro Surveill.* 2010;15(9):19498. doi: 10.2807/ese.15.09.19498-en
11. Chen H, Wen X, To KK, et al. Quasispecies of the D225G substitution in the hemagglutinin of pandemic influenza A(H1N1) 2009 virus from patients with severe disease in Hong Kong, China. *J Infect Dis.* 2010;201(10):1517-1521. doi: 10.1086/652661
12. Mak GC, Au KW, Tai LS, et al. Association of D222G substitution in haemagglutinin of 2009 pandemic influenza A(H1N1) with severe disease. *Euro Surveill.* 2010;15(14):19534; author reply pii/19535.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-61-72>

Original Research Article

13. Vazquez-Perez JA, Isa P, Kobasa D, et al. A (H1N1) pdm09 HA D222 variants associated with severity and mortality in patients during a second wave in Mexico. *Virology*. 2013;10:41. doi: 10.1186/1743-422X-10-41
14. Yasugi M, Nakamura S, Daidoji T, et al. Frequency of D222G and Q223R hemagglutinin mutants of pandemic (H1N1) 2009 influenza virus in Japan between 2009 and 2010. *PLoS One*. 2012;7(2):e30946. doi: 10.1371/journal.pone.0030946
15. Moussi AE, Kacem MA, Pozo F, et al. Frequency of D222G haemagglutinin mutant of pandemic (H1N1) pdm09 influenza virus in Tunisia between 2009 and 2011. *Diagn Pathol*. 2013;8:124. doi: 10.1186/1746-1596-8-124
16. Koel BF, Burke DF, Bestebroer TM, et al. Substitutions near the receptor binding site determine major antigenic change during influenza virus evolution. *Science*. 2013;342(6161):976-979. doi: 10.1126/science.1244730
17. Stevens J, Blixt O, Glaser L, et al. Glycan microarray analysis of the hemagglutinins from modern and pandemic influenza viruses reveals different receptor specificities. *J Mol Biol*. 2006;355(5):1143-1155. doi: 10.1016/j.jmb.2005.11.002
18. Oliveira MJ, Motta Fdo C, Siqueira MM, et al. Molecular findings from influenza A(H1N1)pdm09 detected in patients from a Brazilian equatorial region during the pandemic period. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2014;109(7):912-917. doi: 10.1590/0074-0276140210
19. Wedde M, Wählich S, Wolff T, Schweiger B. Predominance of HA-222D/G polymorphism in influenza A(H1N1)pdm09 viruses associated with fatal and severe outcomes recently circulating in Germany. *PLoS One*. 2013;8(2):e57059. doi: 10.1371/journal.pone.0057059
20. Selli M, Piralla A, Rozera G, et al. Detection of haemagglutinin D222 polymorphisms in influenza A(H1N1) pdm09-infected patients by ultra-deep pyrosequencing. *Clin Microbiol Infect*. 2013;19(7):668-673. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03984.x
21. Boldyrev ND, Panova AS, Kolosova NP, et al. Influenza viruses detected in lethal cases in the Russian Federation in the 2023–2024 respiratory virus season. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(11):68-74. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-68-74
22. Kolosova NP, Boldyrev ND, Svyatchenko SV, et al. An investigation of severe influenza cases in Russia during the 2022–2023 epidemic season and an analysis of HA-D222G/N polymorphism in newly emerged and dominant clade 6B.1A.5a.2a A(H1N1)pdm09 viruses. *Pathogens*. 2023;13(1):1. doi: 10.3390/pathogens13010001
23. Boldyrev ND, Panova AS, Kolosova NP, et al. Comparative analysis of influenza viruses isolated from first and severe cases in Russia in epidemiological seasons before and during COVID-19 pandemic (2019–2023). *Molekulyarnaya Genetika, Mikrobiologiya i Virusologiya*. 2023;41(4):21-30. (In Russ.) doi: 10.17116/molgen20234104121
24. Kolosova NP, Ilyicheva TN, Danilenko AV, et al. Severe cases of seasonal influenza in Russia in 2017–2018. *PLoS One*. 2019;14(7):e0220401. doi: 10.1371/journal.pone.0220401
25. Baldanti F, Campanini G, Piralla A, et al. Severe outcome of influenza A/H1N1/09v infection associated with 222G/N polymorphisms in the haemagglutinin: A multicentre study. *Clin Microbiol Infect*. 2011;17(8):1166-1169. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03403.x
26. Puzelli S, Facchini M, Spagnolo D, et al. Transmission of hemagglutinin D222G mutant strain of pandemic (H1N1) 2009 virus. *Emerg Infect Dis*. 2010;16(5):863-865. doi: 10.3201/eid1605.091815
27. Melidou A, Gioula G, Exindari M, Chatzidimitriou D, Diza E, Malisiovas N. Molecular and phylogenetic analysis of the haemagglutinin gene of pandemic influenza H1N1 2009 viruses associated with severe and fatal infections. *Virus Res*. 2010;151(2):192-199. doi: 10.1016/j.virusres.2010.05.005
28. Kolosova NP, Ilyicheva TN, Danilenko AV, et al. Severe cases of seasonal influenza and detection of seasonal A(H1N2) in Russia in 2018–2019. *Arch Virol*. 2020;165(9):2045-2051. doi: 10.1007/s00705-020-04699-z

Сведения об авторах:

✉ **Панова** Анастасия Сергеевна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: panova_as@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0556-0552>.

Колосова Наталья Петровна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: kolosova_np@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8865-8592>.

Даниленко Алексей Валерьевич – к.б.н., старший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: danilenko_av@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3214-2794>.

Болдырев Никита Дмитриевич – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: boldyrev_nd@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-0287>.

Шадринова Юлиана Никифоровна – стажер-исследователь отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: shadrinova_kn@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4351-8267>.

Святченко Светлана Викторовна – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: svyatchenko_sv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4573-5783>.

Моисеева Анастасия Алексеевна – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: chalaya_aa@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7048-2357>.

Даниленко Елена Игоревна – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: danilenko_ei@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8106-7037>.

Онхонова Галина Сергеевна – научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: onhonova_gs@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1547-1708>.

Гончарова Наталья Игоревна – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: goncharova_ni@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6753-597X>.

Брагина Мария Константиновна – главный специалист отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: bragina_mk@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3289-1327>.

Трегубчик Татьяна Владимировна – ведущий научный сотрудник отдела геномных исследований; e-mail: tregubchak_tv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9608-2044>.

Бауэр Татьяна Валерьевна – научный сотрудник отдела геномных исследований; e-mail: bauer_tv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-9905>.

Сивай Мария Владимировна – к.б.н., старший научный сотрудник теоретического отдела; e-mail: sivay_mv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4193-0779>.

Максименко Лада Владимировна – младший научный сотрудник теоретического отдела; e-mail: maksimenko_lv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4273-1704>.

Максютова Анна Викторовна – младший научный сотрудник отдела зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: maksyutova_av@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7414-9899>.

Марченко Василий Юрьевич – д.б.н., заведующий отделом зоонозных инфекций и гриппа; e-mail: marchenko_vyu@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1339-6732>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Колосова Н.П., Марченко В.Ю.*; сбор данных: *Панова А.С., Даниленко А.В., Болдырев Н.Д., Шадринова К.Н., Святченко С.В., Моисеева А.А., Даниленко Е.И., Онхонова Г.С., Трегубчук Т.В., Бауэр Т.В., Сивай М.В., Максименко Л.В., Максюткова А.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Панова А.С., Колосова Н.П., Даниленко А.В., Болдырев Н.Д., Шадринова К.Н., Гончарова Н.И., Брагина М.К.*; литературный обзор: *Панова А.С.*; подготовка рукописи: *Панова А.С., Колосова Н.П.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование клинического материала (мазков из носоглотки) и аутопсийного материала одобрено Этическим комитетом IRB 00001360 ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (Протокол № 8 от 06.06.2023).

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора.

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

Статья получена: 21.08.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ Anastasia S. **Panova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: panova_as@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0556-0552>.

Natalia P. **Kolosova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: kolosova_np@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8865-8592>.

Alexey V. **Danilenko**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: danilenko_av@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3214-2794>.

Nikita D. **Boldyrev**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: boldyrev_nd@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-0287>.

Kiunnei N. **Shadrinova**, Research Intern, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: shadrinova_kn@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4351-8267>.

Svetlana V. **Svyatchenko**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: svyatchenko_sv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4573-5783>.

Anastasiya A. **Moiseeva**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: chalaya_aa@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7048-2357>.

Elena I. **Danilenko**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: danilenko_ei@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8106-7037>.

Galina S. **Onkhonova**, Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: onkhonova_gs@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1547-1708>.

Natalia N. **Goncharova**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: goncharova_ni@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6753-597X>.

Maria K. **Bragina**, Chief Specialist, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: bragina_mk@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3289-1327>.

Tatyana V. **Tregubchak**, Leading Researcher, Department of Genomic Research; e-mail: tregubchak_tv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9608-2044>.

Tatyana V. **Bauer**, Researcher, Department of Genomic Research; e-mail: bauer_tv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-9905>.

Mariya V. **Sivay**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Theoretical Department; e-mail: sivay_mv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4193-0779>.

Lada V. **Maksimenko**, Junior Researcher, Theoretical Department; e-mail: maksimenko_lv@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4273-1704>.

Anna V. **Maksyutova**, Junior Researcher, Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: maksyutova_av@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7414-9899>.

Vasiliy Yu. **Marchenko**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Zoonoses and Influenza; e-mail: marchenko_vyu@vector.nsc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1339-6732>.

Author contributions: study conception and design: *Kolosova N.P., Marchenko V.Yu.*; data collection: *Panova A.S., Danilenko A.V., Boldyrev N.D., Shadrinova K.N., Svyatchenko S.V., Moiseeva A.A., Danilenko E.I., Onkhonova G.S., Tregubchak T.V., Bauer T.V., Sivay M.V., Maksimenko L.V., Maksyutova A.V.*; analysis and interpretation of results: *Panova A.S., Kolosova N.P., Danilenko A.V., Boldyrev N.D., Shadrinova K.N., Goncharova N.I., Bragina M.K.*; bibliography compilation and referencing: *Panova A.S.*; draft manuscript preparation: *Panova A.S., Kolosova N.P.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Testing of clinical specimens (nasopharyngeal swabs) and autopsy samples was approved by the Ethics Committee IRB 00001360 of the State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" (protocol No. 8 of June 6, 2023).

Funding: The study was carried out within the framework of the state assignment of the State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector".

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

Received: August 21, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл: этиологическая и эпидемиологическая характеристика

И.В. Петров^{1,2}, М.А. Пяташина², Н.Г. Соколова³, Л.В. Петрова^{1,3}, А.А. Альмухаметов^{2,4}, А.И. Галиахметов^{2,4}

¹ ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, пл. Ленина, д. 1, г. Йошкар-Ола, 424000, Российская Федерация

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 36, г. Казань, 420012, Российская Федерация

³ ГБУ «Республиканский противотуберкулезный диспансер» Министерства здравоохранения Республики Марий Эл, ул. Больничная, д. 22, г. Йошкар-Ола, 424037, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

Резюме

Введение. Нетуберкулезные микобактерии широко распространены в окружающей среде, их патогенные виды могут вызывать микобактериозы, особенно органов дыхания.

Цель исследования: изучить видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий и дать эпидемиологическую характеристику случаев выявления нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы.

Материалы и методы. Проведенное ретроспективное эпидемиологическое исследование являлось описательно-оценочным. Были проанализированы обезличенные данные пациентов ($n = 30\,617$), обратившихся в медицинские организации Республики Марий Эл противотуберкулезной службы и общей лечебной сети, за период 2015–2024 годы. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.2 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

Результаты. Выявлено 544 человека с нетуберкулезными микобактериями, средний возраст – 60 лет. Отмечено преобладание мужчин (284/544; 52,2%). На долю городских жителей приходилось 62,1 % (338/544), сельских – 37,9 % (206/544). 28,7 % (156/544) лиц отмечались неоднократным выделением нетуберкулезных микобактерий, однократным – 71,3 % (388/544). Наиболее часто выделялись *M. gordonae* ($n = 168$; 29,5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21,4 %) и *M. avium* ($n = 81$; 14,4 %). У 104 пациентов (19,1 %) установлен диагноз микобактериоза легких, выявлено преобладание женщин (63/104; 60,6 %). В большинстве случаев микобактериозы были вызваны медленно растущими *M. intracellulare*, *M. avium* и *M. gordonae*. При анализе количества пациентов, от которых получены нетуберкулезные микобактерии, наблюдается рост в 4,9 раза. Наибольшее количество лиц с выделением нетуберкулезных микобактерий приходилось на г. Йошкар-Олу ($n = 295$; 54,2 %), Медведевский – 61 (11,2 %), Звениговский ($n = 33$; 6,1 %) районы, г. Волжск ($n = 30$; 5,5 %), Советский ($n = 19$; 3,5 %), Волжский районы ($n = 17$; 3,1 %).

Заключение. Проведенное нами исследование позволило определить региональные особенности выявления нетуберкулезных микобактерий, выделенных из биологического материала пациентов. Установлено, что на территории Республики Марий Эл у человека преобладают медленно растущие виды.

Ключевые слова: нетуберкулезные микобактерии, микобактериозы, инфекционные болезни, нетуберкулезная микобактериальная инфекция, легочные микобактериозы.

Для цитирования: Петров И.В., Пяташина М.А., Соколова Н.Г., Петрова Л.В., Альмухаметов А.А., Галиахметов А.И. Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл: этиологическая и эпидемиологическая характеристика // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 73–82. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82

Detection of Nontuberculous Mycobacteria in the Republic of Mari El: Etiological and Epidemiological Characteristics

Ilia V. Petrov,^{1,2} Marina A. Pityashina,² Nadezhda G. Sokolova,³ Ludmila V. Petrova,^{1,3} Artur A. Almukhametov,^{2,4} Almaz I. Galiakhmetov^{2,4}

¹ Mari State University, 1 Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

² Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 36 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

³ Republican Tuberculosis Dispensary, 22 Bolnichnaya Street, Yoshkar-Ola, 424037, Russian Federation

⁴ Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

Summary

Introduction: Nontuberculous mycobacteria are widespread in the environment and their pathogenic species can cause mycobacteriosis, especially of the respiratory system.

Objective: To study of the species diversity of nontuberculous mycobacteria and to give an epidemiological description of cases of isolation of nontuberculous mycobacteria in the Republic of Mari El in 2015–2024.

Materials and Methods: The conducted retrospective epidemiological study was descriptive and evaluative. We analyzed anonymized records of 30,617 patients seeking care at tuberculosis and general health facilities of the Republic of Mari El in the years 2015 to 2024. The statistical analysis was performed using StatTech v. 4.8.2 by StatTech LLC, Russia.

Results: We identified 544 people with nontuberculous mycobacteria (mean age = 60 years), most of whom were men (284; 52.2 %). We established that 338 (62.1 %) patients were urban residents and 206 (37.9 %) lived in the countryside. Nontuberculous mycobacteria were repeatedly isolated from 156 (28.7 %) and only once – from 388 (71.3 %) cases. The most common species included *M. gordonae* ($n = 168$; 29.5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21.4 %), and *M. avium* ($n = 81$;

14.4 %). At this, 104 patients (19.1 %) were diagnosed with mycobacteriosis, of which 63 (60.6 %) were women. In most cases, mycobacteriosis was induced by slow-growing *M. intracellulare*, *M. avium*, and *M. goodii*. The analysis of the number of patients showed a 4.9-fold increase. Most cases with isolated nontuberculous mycobacteria lived in the city of Yoshkar-Ola ($n = 295$, 54.2 %), Medvedevsky ($n = 61$, 11.2 %) and Zvenigovsky ($n = 33$, 6.1 %) districts, the town of Volzhsk ($n = 30$, 5.5 %), Sovetsky ($n = 19$, 3.5 %) and Volzhsky ($n = 17$, 3.1 %) districts.

Conclusions: Our study allowed us to determine regional characteristics of nontuberculous mycobacteria isolated from human specimens and establish the prevalence of slow-growing species in the Republic of Mari El.

Keywords: nontuberculous mycobacteria, mycobacteriosis, infectious diseases, nontuberculous mycobacterial infection, pulmonary mycobacteriosis.

Cite as: Petrov IV, Petyashina MA, Sokolova NG, Petrova LV, Almukhametov AA, Galiakhmetov AI. Detection of nontuberculous mycobacteria in the Republic of Mari El: Etiological and epidemiological characteristics. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):73–82. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82

Введение. Нетуберкулезные микобактерии (НТМ) широко распространены в окружающей среде, их патогенные виды могут вызывать микобактериозы, особенно органов дыхания [1–3]. Известно около 200 видов НТМ, из них порядка 60 видов имеют доказанное клиническое значение. НТМ характеризуются как условно патогенные, относящиеся к IV группе патогенности, бактерии. В России отсутствует официальное статистическое наблюдение за микобактериозами, но ряд отдельных исследований указывает на рост заболеваемости [4]. Работы по данной теме, проведенные в различных странах и регионах, показывают, что распределение видов НТМ, выделенных из клинических образцов, сильно различается в зависимости от территории, но выявленное географическое разнообразие возбудителей никогда не изучалось системно. Более глубокое понимание этого разнообразия важно, поскольку оно может дать важные подсказки о влиянии географических или климатических различий на распространение НТМ и наблюдаемых расхождений в клинической значимости и результатах лечения [5, 6]. Например, известно исследование, указывающее на преобладание в клиническом материале *Mycobacterium fortuitum* в Новосибирской области, *M. intracellulare* – в Томской области в 2014–2018 гг. [7]. В Архангельской области с 2010 по 2020 г. от пациентов преобладало выделение НТМ, относящихся к комплексу *M. avium* (*M. avium* и *M. intracellulare*) [8]. Ряд исследований отмечают, что в регионах с ростом заболеваемости микобактериозами наблюдается снижение данного показателя туберкулеза [9, 10].

Цель исследования – изучить видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий, дать эпидемиологическую характеристику пациентов с выявлением нетуберкулезных микобактерий и микобактериозами в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы.

Материалы и методы. Проведенное ретроспективное эпидемиологическое исследование являлось описательно-оценочным. Были проанализированы обезличенные данные пациентов ($n = 30617$), обратившихся в медицинские организации Республики Марий Эл противотуберкулезной службы и общей лечебной сети, за период 2015–2024 годы. Исследование одобрено комитетом по этике Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России от 13 июня 2024 года № 03/06. Критерии включения: 1) лица с подозрением на туберку-

лез, биологический материал которых направлен в бактериологическую лабораторию государственного бюджетного учреждения Республики Марий Эл «Республиканский противотуберкулезный диспансер»; 2) выделение НТМ из клинического материала. Из всей группы обследованных лиц у 1,8 % (544/30617) выделены культуры НТМ. В структуре числа анализов микобактерии были выделены в 9,2 % случаев (10913/118411), из них доля НТМ составила 10,1 % (1103/10913). Среди лиц с НТМ в городских условиях проживали 338 человек (62,1 %), в сельской местности – 206 (37,9 %). Микобактериозы за исследованный период верифицированы у 19,1 % лиц с НТМ (104/544). Диагноз микобактериоза устанавливался на основании сочетания клинических (наличие симптомов заболевания легких, наличие очаговых или полостных изменений на рентгенограмме или выявленных при компьютерной томографии мультифокальных бронхоэктазов в сочетании с множественными мелкими очагами, обоснованное должным образом исключение иных диагнозов) и микробиологических (более 2 положительных посевов мокроты на НТМ из разных проб, 1 положительный посев на НТМ бронхоальвеолярной лаважной жидкости или промывных вод бронхов, гистопатологические изменения в трансбронхиальном или ином биоптате легкого (гранулематозное воспаление или наличие кислотоустойчивых микобактерий) при положительном посеве на НТМ) критериев [11].

Под «клинически значимыми НТМ» мы понимали возбудителей, вызывающих микобактериозы у человека, под «колонизацией» – присутствие и размножение микроорганизмов в различных отделах организма человека без клинических и иммунологических проявлений, под «транзиторными микроорганизмами» – кратковременное носительство НТМ (однократное выделение).

Культуры НТМ были получены в жидкой питательной среде Middlebrook 7H9 в системе BACTEC MGIT (Becton Dickinson and Company) с предварительной обработкой диагностического материала реагентом BBL MycoPrep (Becton Dickinson and Company) и на плотных питательных средах Левенштейна-Йенсена и Финна-II с предварительной обработкой материала 10 % Na_3PO_4 . Первичную идентификацию выделенных культур проводили с использованием иммунохроматографического теста (ID-test BD MGIT™ TBc Identification Test), микроскопического исследования препаратов культур с окраской по Цилю – Нильсену,

и в ряде случаев применяли исследование ДНК выделенных штаммов методом ПЦР в реальном времени на наличие маркеров микобактерий туберкулеза. Для контроля контаминации использовали посев культуры на кровяной агар. Видовую идентификацию микобактерий осуществляли с использованием ДНК стриповой технологии, основанной на множественной обратной гибридизации с ДНК-зондами: тест-системы для идентификации HTM GenoType® *Mycobacterium* CM/AS (Hain Lifescience).

Были использованы рентгенография грудной клетки (цифровая или аналоговая), спиральная компьютерная томография, ультразвуковое исследование легких и органов средостения.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.2 (разработчик – ООО «Статтех»). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95 % доверительные интервалы (95 %ДИ) для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера – Пирсона. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95 % ДИ. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10). Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U -критерия Манна – Уитни. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела – Уоллиса. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей нами использовался показатель отношения шансов с 95 % доверительным интервалом (ОШ; 95 % ДИ). Оценка силы связи между категориальными показателями выполнялась с помощью V Крамера, значения которого интерпретировались согласно рекомендациям Rea & Parker (2014) [12]. Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. За 2015–2024 годы выявлено 544 человека с выделением HTM, средний возраст составил 60 лет (Me). В структуре пациентов отмечено преобладание мужчин (284/544; 52,2 %), доля женщин равнялась 47,8 % (260/544). Анализ распределения по месту проживания выявил, что доля городских жителей составила 62,1 % (338/544), сельских жителей – 37,9 % (206/544). Неоднократным выделением характеризовались 28,7 % лиц (156/544), однократным – 71,3 % (388/544). В гендерной структуре лиц с неоднократ-

ным выделением преобладали женщины – 57,1 % (89/156), на лиц мужского пола приходилось 42,9 % (67/156). Среди лиц с однократным выделением преобладали мужчины – 55,9 % (217/388), на лиц женского пола приходилось 44,1 % (171/388). При сравнении по гендерному признаку и кратности выделения были установлены статистически значимые различия ($p = 0,006$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

Среди женщин средний возраст выделения HTM (64) выше, чем среди мужчин (56,5) ($p < 0,001$) (используемый метод: U -критерий Манна – Уитни). Среди лиц с неоднократным выделением средний возраст выше (63), чем в группе пациентов с однократным выделением (58) ($p < 0,011$) (используемый метод: U -критерий Манна – Уитни). При анализе возраста пациента с впервые выделенными HTM установлен рост в 1,2 раза (2015 г. – 49,5; 2024 г. – 61; $p = 0,011$, p 2023–2015 гг. = 0,039) (используемый метод: критерий Краскела – Уоллиса). При сравнении возраста выделения HTM в зависимости от возбудителя, не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,439$) (используемый метод: критерий Краскела – Уоллиса).

За исследованный период в Республике Марий Эл среди людей преобладало выделение медленнорастущих HTM. Наиболее часто выделялись *M. gordonae* ($n = 168$; 29,5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21,4 %) и *M. avium* ($n = 81$; 14,4 %) (табл. 1).

При сравнении возбудителя в зависимости от кратности выделения установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Разработана прогностическая модель для определения вероятности кратности выделения в зависимости от возбудителя методом бинарной логистической регрессии. Полученная регрессионная модель с точки зрения соответствия прогнозируемых значений наблюдаемым при включении предикторов по сравнению с моделью без предикторов является статистически значимой ($p < 0,001$). Псевдо- R^2 Найджелкерка составил 17,6 %. При оценке возбудителя шансы выделения среди лиц с однократным выделением HTM увеличивались для *M. chelonae* в 5,0 раза (AOR 5,000; 95 % ДИ 1,225–20,409; $p = 0,025$), *M. fortuitum* – в 14,5 раза (AOR 14,499; 95 % ДИ 2,951–71,236; $p = 0,001$), *M. gordonae* – в 7,3 раза (AOR 7,333; 95 % ДИ 2,090–25,739; $p = 0,002$), *M. lentiflavum* в 21,9 раза (AOR 21,999; 95 % ДИ 2,050–236,040; $p = 0,011$), *M. peregrinum* – в 6,3 раза (AOR 6,250; 95 % ДИ 1,480–26,390; $p = 0,013$), для «вид не определен» – в 16,0 раз (AOR 16,000; 95 % ДИ 2,930–87,357; $p = 0,001$) (рис. 1).

В настоящее время около 1/3 идентифицированных видов HTM считаются клинически значимыми. Среди медленнорастущих видов HTM, часто вызывающих микобактериозы легких (МЛ), выделяют *M. avium complex* (MAC), *M. kansasii*, *M. xenopi*, среди быстрорастущих – *M. abscessus* spp., *M. fortuitum* [13].

Среди лиц с выделением HTM у 104 из 544 пациентов (19,1 %) установлен МЛ. В гендерной структуре пациентов с МЛ преобладали женщины (63/104;

Таблица 1. Видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий, выделенных от пациентов

Table 1. Species diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from patients

№	Вид нетуберкулезных микобактерий / Type of nontuberculous mycobacteria	Всего / Total	Кратность выделения / Isolation frequency	
			Лица с неоднократным выделением / Multiple (%)	Лица с однократным выделением / Single (%)
	Быстрорастущие / Fast-growing			
1	<i>M. chelonae</i>	35 (6,1)	10 (5,6)	25 (6,4)
2	<i>M. fortuitum</i>	33 (5,8)	4 (2,2)	29 (7,4)
3	<i>M. peregrinum</i>	33 (5,8)	8 (4,5)	25 (6,4)
4	<i>M. abscessus</i>	12 (2,1)	8 (4,5)	4 (1,0)
5	<i>M. smegmatis</i>	4 (0,7)	0 (0,0)	4 (1,0)
6	<i>M. mageritense</i>	2 (0,4)	0 (0,0)	2 (0,5)
	Медленнорастущие / Slow-growing			
7	<i>M. gordonae</i>	168 (29,5)	36 (20,2)	132 (33,7)
8	<i>M. intracellulare</i>	122 (21,4)	57 (32,0)	65 (16,6)
9	<i>M. avium</i>	81 (14,4)	42 (24,2)	39 (9,9)
10	<i>M. lentiflavum</i>	12 (2,1)	1 (0,6)	11 (2,8)
11	<i>M. simiae</i>	12 (2,1)	4 (2,2)	8 (2,0)
12	<i>M. scrofulaceum</i>	6 (1,1)	1 (0,6)	5 (1,3)
13	<i>M. kansasii</i>	5 (0,5)	2 (1,1)	3 (0,8)
14	<i>M. celatum</i>	4 (0,7)	0 (0,0)	4 (1,0)
15	<i>M. shimoidei</i>	3 (0,5)	1 (0,6)	2 (0,5)
16	<i>M. intermedium</i>	2 (0,4)	0 (0,0)	2 (0,5)
17	<i>M. xenopi</i>	2 (0,4)	0 (0,0)	2 (0,5)
18	<i>M. marinum</i>	2 (0,4)	0 (0,0)	2 (0,5)
19	<i>M. asiaticum</i>	1 (0,2)	0 (0,0)	1 (0,3)
20	<i>M. genavense</i>	1 (0,2)	0 (0,0)	1 (0,3)
21	<i>M. interjectum</i>	1 (0,2)	0 (0,0)	1 (0,3)
22	<i>M. malmoense</i>	1 (0,2)	0 (0,0)	1 (0,3)
23	вид не определен / unspecified	27 (4,7)	3 (1,7)	24 (6,1)
	Всего* / Total*	569 (100)	177 (100)	392 (100)

* из 544 пациентов у 21 выделялись разные виды НТМ с различной кратностью

* Different types of nontuberculous mycobacteria were isolated from 21 of 544 patients with varying frequency.

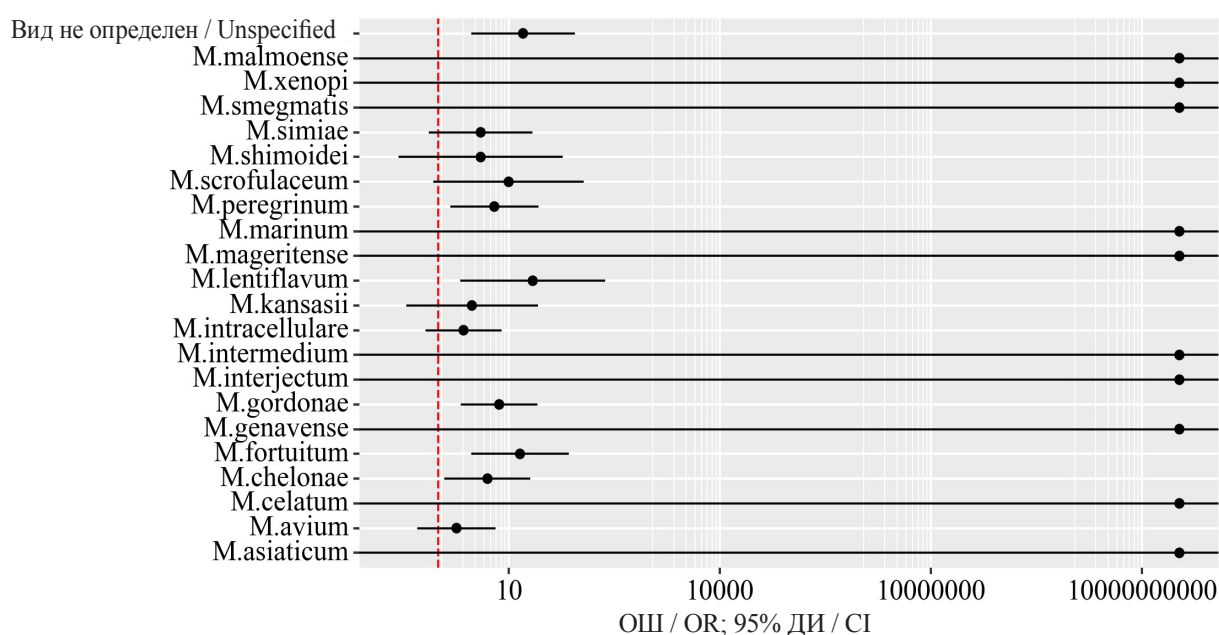


Рис. 1. Оценки отношения шансов с 95% ДИ для изучаемых предикторов кратности выделения

Fig. 1. Odds ratios with 95 % confidence intervals for the studied predictors of isolation frequency

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82>
Original Research Article

60,6 %), на долю лиц мужского пола приходилось 39,4 % (41/104) ($p = 0,004$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Шансы МЛ в группе пациентов мужского пола ниже в 1,886 раза, по сравнению с группой женщин, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 0,530; 95 % ДИ: 0,343–0,820). Этиологическая структура показала, что в большинстве случаев МЛ вызван медленнорастущими *M. intracellulare*, *M. avium* и *M. gordonae*. При сравнении МЛ в зависимости от возбудителя установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$: p *M. avium* – *M. gordonae* $< 0,001$, p *M. chelonae*, *M. gordonae* – *M. fortuitum* $< 0,001$, p *M. chelonae*, *M. gordonae* – *M. peregrinum* $< 0,001$, p *M. chelonae*, *M. gordonae* – вид не определен $< 0,001$, p *M. fortuitum* – *M. intracellulare* = 0,020, p *M. fortuitum* – *M. intracellulare*, *M. abscessus* $< 0,001$, p *M. fortuitum* – *M. intracellulare*, *M. avium*, *M. intracellulare* $< 0,001$, p *M. fortuitum* – *M. intracellulare*, *M. avium* $< 0,001$, p *M. fortuitum* – *M. intracellulare*, *M. intracellulare* + *M. avium*, *M. avium* $< 0,001$, p *M. fortuitum* – *M. peregrinum*, *M. chelonae* $< 0,001$, p *M. gordonae* – *M. intracellulare* $< 0,001$, p *M. intracellulare* – *M. peregrinum* = 0,046, p *M. intracellulare* – вид не определен = 0,046, p *M. intracellulare*, *M. abscessus* – *M. peregrinum* $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. abscessus* – вид не определен $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. avium*, *M. intracellulare* – *M. peregrinum* $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. avium*, *M. intracellulare* – вид не определен $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. avium* – *M. peregrinum* $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. avium* – вид не определен $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. avium* – вид не определен $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. intracellulare* + *M. avium*, *M. avium* – *M. peregrinum* $< 0,001$, p *M. intracellulare*, *M. intracellulare* + *M. avium*, *M. avium* – вид не определен $< 0,001$, p *M. peregrinum* – *M. peregrinum*, *M. chelonae* $< 0,001$, p *M. peregrinum*, *M. chelonae* – вид не определен $< 0,001$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Среди 440 лиц без МЛ установлено 16,1 % (71/440) случаев колонизации, 83,9 % (369/440) – транзитного носительства ($p < 0,001$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

В структуре лиц по наличию микст-инфекции установлен 1 случай микобактериоза, вызванного 2 видами НТМ (*M. avium* + *M. interjectum*), у городского жителя, 2 случая туберкулеза и микобактериоза у сельских жителей (в 1 случае *M. abscessus*, в 1 – *M. avium*). Установлено 22 пациента с туберкулезом и колонизацией НТМ, из них 9 – в городе, 14 – в сельской местности. Колонизация вызвана в 11 (47,8 %) случаях *M. gordonae*, в 3 (13,0 %) случаях – *M. fortuitum*, по 2 (по 8,7 %) случая приходилось на *M. avium* и *M. peregrinum* соответственно, по 1 (по 4,3 %) – на *M. chelonae*, *M. lentiflavum* и *M. malmoense* соответственно, у 2 (8,7 %) пациентов виды НТМ не идентифицированы.

У 56 (10,3 %) лиц установлены данные о наличии туберкулеза в анамнезе, среднее время между излечением от туберкулеза и выявлением НТМ составило 3 года ($Q_1 - Q_3$ 0,00–8,00).

Среди лиц с МЛ отмечено последовательное выделение с замещением быстрорастущих на медленнорастущие НТМ в 1 случае (*M. chelonae* → *M. gordonae*), в 1 случае последовательное выделение

с замещением медленнорастущих на быстрорастущие (*M. intracellulare* → *M. abscessus*), 1 пациент последовательно выделил медленнорастущие НТМ с возвращением к виду, который был идентифицирован впервые (*M. intracellulare* → *M. avium* → *M. intracellulare*), в 1 случае было установлено последовательное выделение медленнорастущих (*M. intracellulare* → *M. avium*), 1 пациент отметился последовательным замещением медленнорастущих НТМ с одновременным выделением возбудителей из этой же группы (*M. intracellulare* → *M. intracellulare* + *M. avium* → *M. avium*), в 1 случае было установлено последовательное выделение быстрорастущих микобактерий (*M. peregrinum* → *M. chelonae*) и 1 пациент характеризовался сменой быстрорастущих на медленнорастущие (*M. peregrinum* → *M. gordonae*).

Среди лиц с колонизацией отмечено в 1 случае последовательное выделение медленнорастущих НТМ (*M. avium* → *M. kansasii*), 1 пациент последовательно выделял со сменой быстрорастущих на медленнорастущие микобактерии (*M. fortuitum* → *M. gordonae*), 1 лицо характеризовалось замещением медленнорастущих на быстрорастущие НТМ (*M. gordonae* → *M. chelonae*), в 1 случае установлено последовательное выделение двух видов медленнорастущих с последующим замещением на быстрорастущий вид (*M. gordonae* → *M. intracellulare* → *M. fortuitum*), 1 лицо характеризовалось сменой быстрорастущих на медленнорастущих (*M. peregrinum* → *M. gordonae*), у 1 пациента обнаружено выделение быстрорастущих НТМ, в т. ч. одновременное (*M. peregrinum* → *M. peregrinum* + *M. chelonae*), в 1 случае было установлено последовательное выделение медленнорастущих видов (*M. shimoidei* → *M. gordonae*), 1 лицо характеризовалось последовательным выделением медленнорастущих НТМ (*M. simiae* → *M. scrofulaceum*), в 1 случае было установлено последовательное выделение медленнорастущих видов (*M. simiae* → *M. intracellulare*).

В группе пациентов с транзитным выделением стоит отметить одновременное выделение медленнорастущих (*M. avium* + *M. interjectum*), быстрорастущих (*M. chelonae* + *M. mageritense*), медленнорастущих и быстрорастущих (*M. gordonae* + *M. fortuitum*; *M. gordonae* + *M. peregrinum*).

Количество лиц с выделением микобактерий за 10 лет выросло в 1,3 раза (2015 г. – 252; 2024 г. – 329 человек). При анализе количества пациентов, от которых получены НТМ, наблюдается рост в 4,9 раза ($p < 0,05$) (рис. 2). В городских условиях произошел рост выявления НТМ в 8,9 раза (2015 г. – 8; 2024 г. – 71), среди сельских жителей – в 2,6 раза (2015 г. – 14; 2024 г. – 37), установлены статистически значимые различия ($p = 0,04$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Среди мужчин установлен рост в 3,6 раза (2015 г. – 14; 2024 г. – 51), среди женщин – в 7,1 раза ($p = 0,220$).

За 2015–2023 годы заболеваемость туберкулезом в Марий Эл снизилась на 32 % (2015 г. – 47,7; 2023 г. – 32,4 на 100 тысяч населения) ($p > 0,05$). Среднемноголетний уровень заболеваемости туберкулезом (38,2 на 100 тысяч населения) был в 28,8

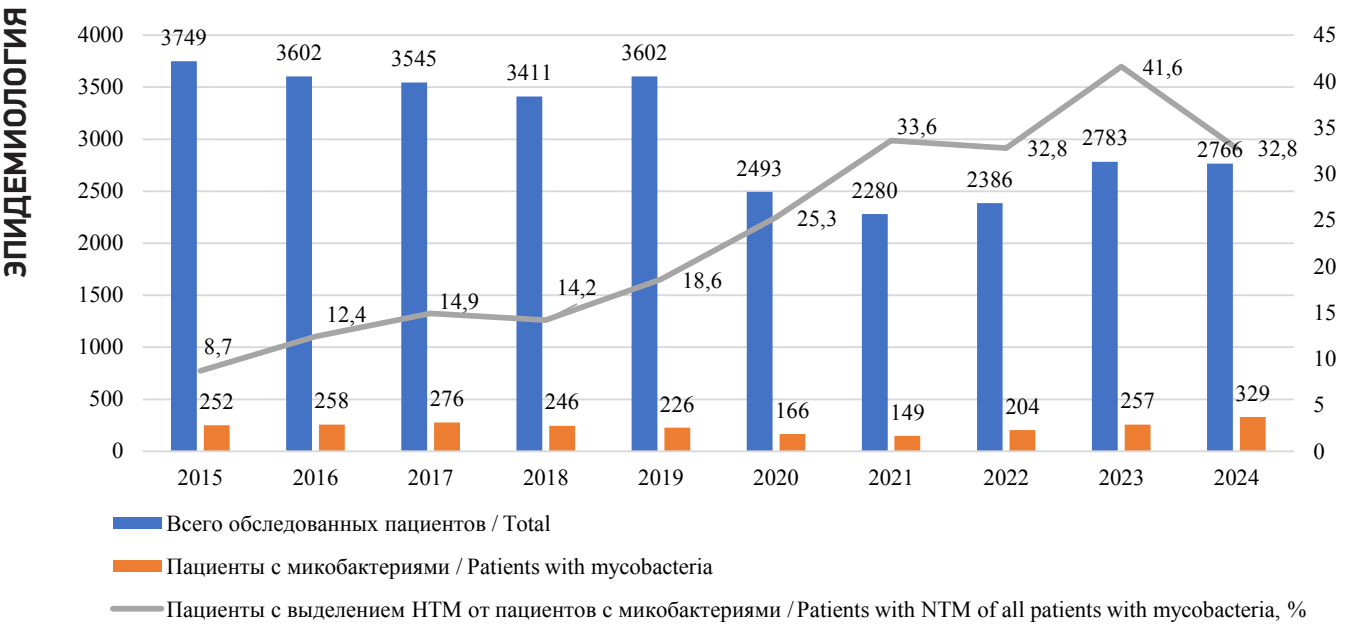


Рис. 2. Анализ обследованных пациентов на микобактерии (абсолютные значения), пациентов с выделенными микобактериями (абсолютные значения) и пациентов с нетуберкулезными микобактериями (% от пациентов с выделением микобактерий) в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы

Fig. 2. The number of patients tested for mycobacteria and of those with isolated mycobacteria (*n*), and the proportion of patients with isolated nontuberculous mycobacteria (%) in the Republic of Mari El in 2015–2024

раза выше аналогичного показателя заболеваемости микобактериозами за 2015–2023 годы (1,33 на 100 тысяч населения). Анализ рассчитанных нами показателей заболеваемости микобактериозами органов дыхания позволил установить рост показателя в 3,4 раза (2015 г. – 1,0; 2024 г. – 3,5 на 100 тысяч населения) ($p > 0,05$). Средний показатель лабораторного обнаружения НТМ за весь период наблюдения составил 8,1 на 100 тыс. населения (табл. 2).

В этиологической структуре за исследованный период среди пациентов с НТМ следует отметить существенный рост доли *M. avium* – в 5,3 раза, *M. gordonae* – в 19 раз, *M. intracellulare* – в 4,5 раза,

установлены статистически значимые различия ($p = 0,003$, используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

В структуре муниципальных образований наибольшее количество лиц с выделением НТМ приходилось на г. Йошкар-Олу ($n = 295$, 54,2 %), Медведевский муниципальный район (м.р.) – 61 человек (11,2 %), Звениговский м.р. ($n = 33$, 6,1 %), г. Волжск ($n = 30$; 5,5 %), Советский м.р. ($n = 19$, 3,5 %), Волжский м.р. ($n = 17$, 3,1 %).

Анализ динамики выявления НТМ среди населения показал наибольший рост в Звениговском м.р. (в 2 раза; 2015 г. – 4; 2024 г. – 8), г. Йошкар-Ола (в 10,7 раза; 2015 г. – 6; 2024 г. – 64) и в Медведевском м.р. (в 15 раз; 2015 г. – 1; 2024 г. – 15) (табл. 3).

Таблица 2. Показатели лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий и заболеваемости микобактериозами в Республике Марий Эл с 2015 по 2024 г.

Table 2. Indicators of laboratory isolation of nontuberculous mycobacteria and the incidence of mycobacteriosis in the Republic of Mari El in 2015–2024

Год / Year	Численность населения / Size of population, <i>n</i>	Число случаев лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий / Number of cases of laboratory isolation of nontuberculous mycobacteria	Число случаев микобактериозов / Number of mycobacteriosis cases	Число случаев лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий / Nontuberculous mycobacteria laboratory isolation rate, per 100,000 population	Число случаев микобактериозов, на 100 тыс. населения / Mycobacteriosis rate, per 100,000 population
2015	688111	22	7	3,2	1,0
2016	687366	32	8	4,7	1,2
2017	685451	40	4	5,8	0,6
2018	683934	35	7	5,1	1,0
2019	683437	42	5	6,1	0,7
2020	679789	42	5	6,2	0,7
2021	676351	49	6	7,2	0,9
2022	672321	67	13	10,0	1,9
2023	669854	107	26	16,0	3,9
2024	665983	108	23	16,2	3,5

Таблица 3. Выявление нетуберкулезных микобактерий в разрезе муниципальных образований с 2015 по 2024 г., человек (абсолютные значения, %)**Table 3. Isolation of nontuberculous mycobacteria from humans by municipality in 2015–2024, n (%)**

Муниципальные образования / Municipalities	Год выделения / Year of isolation										p
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Волжский / Volzhsky	5 (22,7%)	2 (6,2%)	1 (2,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	3 (2,8%)	5 (4,6%)	< 0,001*
Волжск / Volzhsk	2 (9,1%)	5 (15,6%)	1 (2,5%)	1 (2,9%)	9 (21,4%)	4 (9,5%)	2 (4,1%)	5 (7,5%)	1 (0,9%)	0 (0,0%)	
Звенигово / Zvenigovo	0 (0,0%)	1 (3,1%)	0 (0,0%)	1 (2,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	1 (1,5%)	1 (0,9%)	0 (0,0%)	
Козьмодемьянск / Kozmodemyansk	0 (0,0%)	1 (3,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
Горномарийский / Gornomariysky	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (5,0%)	1 (2,9%)	0 (0,0%)	1 (2,4%)	1 (2,0%)	4 (6,0%)	1 (0,9%)	1 (0,9%)	
Звениговский / Zvenigovsky	4 (18,2%)	1 (3,1%)	1 (2,5%)	2 (5,7%)	2 (4,8%)	0 (0,0%)	2 (4,1%)	5 (7,5%)	8 (7,5%)	8 (7,4%)	
Йошкар-Ола / Yoshkar-Ola	6 (27,3%)	15 (46,9%)	22 (55,0%)	15 (42,9%)	23 (54,8%)	25 (59,5%)	25 (51,0%)	31 (46,3%)	69 (64,5%)	64 (59,3%)	
Килемарский / Kilemarsky	2 (9,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	1 (0,9%)	0 (0,0%)	
Куженерский / Kuzhenersky	0 (0,0%)	1 (3,1%)	1 (2,5%)	0 (0,0%)	2 (4,8%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (3,0%)	1 (0,9%)	3 (2,8%)	
Мари-Турекский / Mari-Tureksky	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,5%)	1 (2,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (2,8%)	
Медведевский / Medvedevsky	1 (4,5%)	4 (12,5%)	6 (15,0%)	5 (14,3%)	2 (4,8%)	5 (11,9%)	5 (10,2%)	8 (11,9%)	10 (9,3%)	15 (13,9%)	
Моркинский / Morkinsky	1 (4,5%)	0 (0,0%)	2 (5,0%)	1 (2,9%)	2 (4,8%)	1 (2,4%)	2 (4,1%)	1 (1,5%)	2 (1,9%)	3 (2,8%)	
Новоторъяльский / Novotoryalsky	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (3,0%)	1 (0,9%)	1 (0,9%)	
Оршанский / Orshansky	1 (4,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,4%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	1 (1,5%)	0 (0,0%)	4 (3,7%)	
Параньгинский / Paranginsky	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,5%)	3 (8,6%)	0 (0,0%)	1 (2,4%)	0 (0,0%)	1 (1,5%)	1 (0,9%)	1 (0,9%)	
Сернурский / Sernursky	0 (0,0%)	1 (3,1%)	0 (0,0%)	2 (5,7%)	0 (0,0%)	2 (4,8%)	1 (2,0%)	3 (4,5%)	3 (2,8%)	0 (0,0%)	
Советский / Sovetsky	0 (0,0%)	1 (3,1%)	1 (2,5%)	3 (8,6%)	0 (0,0%)	2 (4,8%)	5 (10,2%)	3 (4,5%)	4 (3,7%)	0 (0,0%)	
Юринский / Yurinsky	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,5%)	0 (0,0%)	1 (2,4%)	1 (2,4%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	1 (0,9%)	0 (0,0%)	

M. gordonae как наиболее часто идентифицированный вид НТМ в биологическом материале от пациентов выделен в большинстве муниципальных образований (16/18; 88,9 %), кроме г. Козьмодемьянска и Юринского м.р., в то время как *M. intracellulare* и *M. avium*, вторые и третьи по выявляемости, обнаружены в 15 из 18 (83,3 %) и 13/18 (72,2 %) муниципальных образованиях соответственно. Виды *M. chelonae* и *M. fortuitum* идентифицированы каждый в 10/18 (55,6 %) соответственно, *M. peregrinum* – в 7/18 (38,9 %), *M. abscessus* идентифицирован в 6/18 административных единицах (33,3 %), *M. scrofulaceum* – 5/18 (27,8 %), *M. kansasii*, *M. lentiflavum*, *M. simiae* – 3/18 (16,7 %) соответственно, *M. celatum*, *M. intermedium*, *M. mageritense*, *M. marinum*, *M. shimoidei*, *M. xenopi* – по 2/18 (11,1 %) соответственно, *M. asiaticum*, *M. genavense*, *M. interjectum*, *M. smegmatis*, *M. malmoense* – по 1/18 (5,6 %) соответственно (рис. 3).

Обсуждение. Мы сравнили полученные результаты с проведенным ранее исследованием в Республике Марий Эл в 2015–2016 гг., где было выявлено преобладание мужчин (57 %) и возрастной группы 55–64 лет. Наиболее часто встречающимися являлись медленнорастущие НТМ (78,5 %), из них – *M. gordonae* и *M. intracellulare* [14].

При сравнении с другими территориями Российской Федерации установлено следующее. В Архангельской области в 2010–2020 гг. выявлено 138 лиц с НТМ, средний возраст составил $53 \pm 18,2$ года. В большинстве случаев выделялись *M. avium* и *M. intracellulare* (40 %). Диагноз «микобактериоз» был установлен у 67 человек. Средний показатель лабораторного обнаружения за весь период наблюдения составил 1,09 случая на 100 тыс. населения, показатель в динамике значительно не изменился (2010 г. – 0,96; 2020 г. – 1,10 на 100 тыс. населения). Средний многолетний уровень заболеваемости микобактериозами составил 0,53 на 100 тыс. населения,

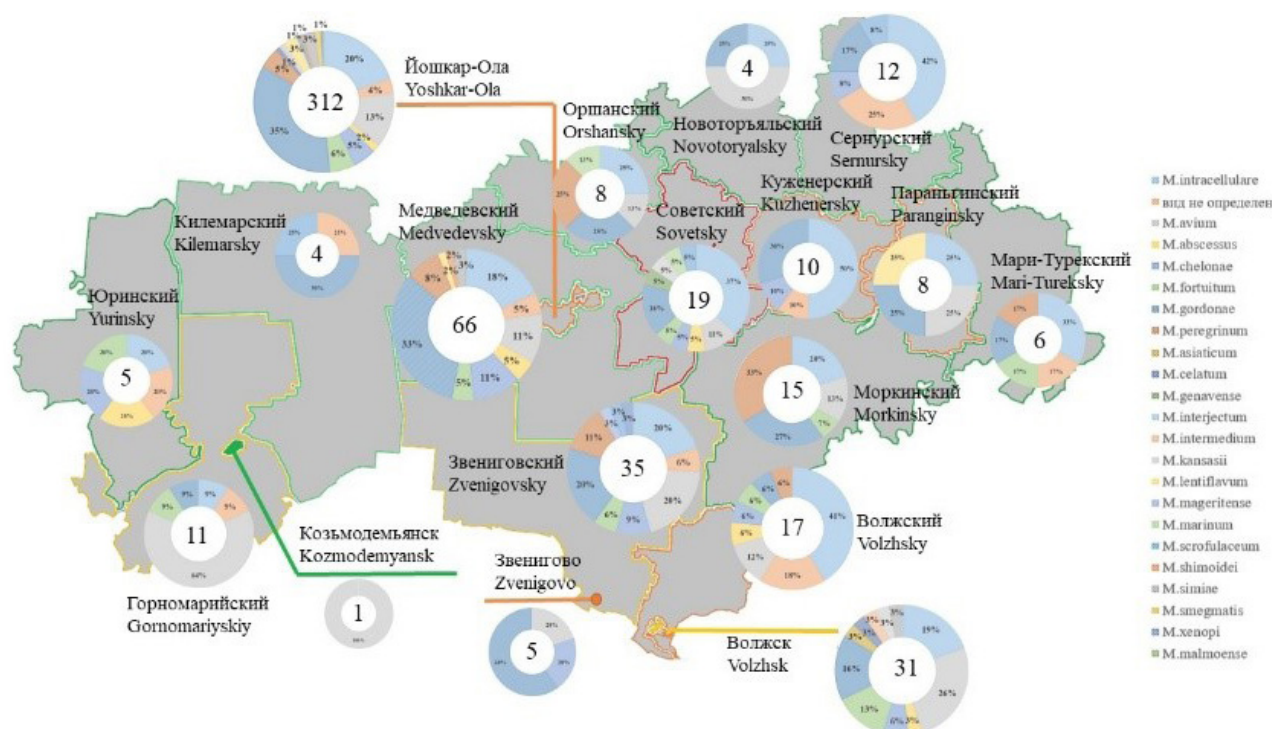


Рис. 3. Географическое распределение нетуберкулезных микобактерий по муниципальным образованиям Республики Марий Эл за 2015–2024 годы, абсолютные значения (%)

Fig. 3. Geographical distribution of nontuberculous mycobacteria by municipalities of the Republic of Mari El in 2015–2024, n (%)

отмечен рост в 2,1 раза (2010 г. – 0,40; 2020 г. – 1,10 на 100 тыс. населения) [8].

В г. Красноярске установлен рост лабораторного обнаружения НТМ среди населения в 6,6 раза (2004 г. – 3; 2008 – 20 случаев), из идентифицированных микобактерий 21,8 % случаев приходилось на *Mycobacterium avium complex* (MAC) [15]. В работе, проведенной в 2012–2018 гг. среди пациентов, проживающих в Северо-Западном федеральном округе установлено, что в г. Санкт-Петербурге, Республике Карелия, Ленинградской, Калининградской, Псковской, Вологодской и Новгородской областях доминировал *M. avium* [16].

В ближнем зарубежье, на примере Республики Беларусь, с 2010 по 2019 г. наиболее распространенными НТМ, выделенными от пациентов, являлись НТМ, относящиеся к MAC (*M. avium*, *M. intracellulare*) (63,7 %) и *M. goodii* (7,66 %) [17].

Глобальное исследование, проведенное в 2008 году и включавшее 62 клинические базы из 30 стран Европы, Австралии, Африки, Северной и Южной Америки, выявило преобладание MAC (47 %) [5]. Работа, проведенная в Южной Корее, показала, что за период 2009–2015 гг. заболеваемость микобактериозами выросла в 4 раза (2009 г. – 6,6; 2015 г. – 26,6 на 100 тыс. населения), средний многолетний уровень заболеваемости составил 12,8 на 100 тыс. населения [18]. В исследовании китайских ученых (январь 2018 – май 2023 гг.) средний возраст пациентов с микобактериозами составил 63,7 года, преобладающим возбудителем являлся *M. intracellulare* (49,6 %) [19]. Работа турецких исследователей выявила, что за 2009–2020 гг. наиболее часто от пациентов выделялись MAC

(29,1 %), *M. abscessus* (24,1 %) и *M. kansasii* (17,2 %), средний возраст равнялся $51,11 \pm 17,15$ года [20].

Заклучение. Таким образом, проведенное нами исследование позволило определить видовое разнообразие и дать эпидемиологическую характеристику пациентов с выделением НТМ. Так, всего выявлено 544 человека, средний возраст – 60 лет, отмечено преобладание мужчин, городских жителей. У 104 пациентов подтверждены микобактериозы. Установлено, что на территории Республики Марий Эл в биологическом материале преобладали медленно растущие виды. Наиболее часто выделялись *M. goodii*, *M. intracellulare* и *M. avium*. В структуре муниципальных образований наибольшее количество лиц с выделением НТМ приходилось на гг. Йошкар-Олу и Волжск, Медведевский, Звениговский, Советский и Волжский м.р. Установленный рост выявления НТМ как в общей популяции, так и среди городских и сельских жителей, среди мужчин и женщин, указывает на возможные предпосылки к росту заболеваемости микобактериозами в республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Dean SG, Ricotta EE, Fintzi J, et al. Mycobacterial testing trends, United States, 2009–2015. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(9):2243–2246. doi: 10.3201/eid2609.200749
- Marshall JE, Mercaldo RA, Lipner EM, Prevots DR. Nontuberculous mycobacteria testing and culture positivity in the United States. *BMC Infect Dis.* 2024;24(1):288. doi: 10.1186/s12879-024-09059-9
- Стрельцова Е.Н., Рыжкова О.А., Рубальский Е.О., Абдрахманова Р.О., Баева Г.Р. Особенности возбудителей микобактериозов и их распространенность // Вестник ЦНИИТ. 2025. № 9(1). С. 10–17. doi: 10.57014/2587-6678-2025-9-1-10-17

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82>
Original Research Article

4. Турсунова Н.В., Гусельникова Е.П., Гордеева Е.И. Виды нетуберкулезных микобактерий, циркулирующих на территории Сибирского федерального округа // Вестник современной клинической медицины. 2024. Т. 17. № 5. С. 113–118. doi: 10.20969/VSKM.2024.17(5).113-118
5. Hoefsloot W, van Ingen J, Andrejak C, et al.; Nontuberculous Mycobacteria Network European Trials Group. The geographic diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from pulmonary samples: An NTM-NET collaborative study. *Eur Respir J*. 2013;42(6):1604–1613. doi: 10.1183/09031936.00149212
6. van Ingen J, Bendien SA, de Lange WCM, et al. Clinical relevance of non-tuberculous mycobacteria isolated in the Nijmegen-Arnhem region, the Netherlands. *Thorax*. 2009;64(6):502–506. doi: 10.1136/thx.2008.110957
7. Альховик О.И., Мешков И.О., Петренко Т.И., Евдокимова Л.С. Выявление нетуберкулезных микобактерий, циркулирующих в разных регионах Сибири, и анализ их лекарственной устойчивости // Туберкулез и болезни легких. 2019. Т. 97. № 10. С. 5–11. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-10-5-11
8. Елисеев П.И., Гурьева Т.И., Никишова Е.И., Химова Е.С., Марьяндышев А.О. Выявление нетуберкулезных микобактерий и лечение микобактериозов в Архангельской области в 2010–2020 гг. // Туберкулез и болезни легких. 2024. Т. 102. № 5. С. 12–20. doi: 10.58838/2075-1230-2024-102-5-12-20
9. Dakić I, Arandjelović I, Savić B, et al. Pulmonary isolation and clinical relevance of nontuberculous mycobacteria during nationwide survey in Serbia, 2010–2015. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207751. doi: 10.1371/journal.pone.0207751
10. Chanchaonthana W, Kamolratanakul S, Rotcheewaphan S, Leelahavanichkul A, Schultz MJ. Recent advances in immunopathogenesis and clinical practice: Mastering the challenge-managing of non-tuberculous mycobacteria. *Front Immunol*. 2025;16:1554544. doi: 10.3389/fimmu.2025.1554544
11. Анисимова А.И., Павлова М.В., Арчакова Л.И. и др. Микобактериозы легких: сложности диагностики и лечения (обзор литературы) // Медицинский альянс. 2020. Т. 8. № 1. С. 25–31.
12. Rea LM, Parker RA. *Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide*. 4th ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2014.
13. Баулин И.А., Беркиханова З.Б., Торкатюк Е.А. и др. Трудности диагностики микобактериоза легких (обзор литературы) // Медицинский альянс. 2025. Т. 13. № 1. С. 86–96. doi: 10.36422/23076348-2025-13-1-86-96
14. Петрова Л.В., Мельникова Е.И., Соловьев Ю.А. и др. Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл // Туберкулез и болезни легких. 2018. Т. 96. № 2. С. 41–46. doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-2-41-46
15. Отева С.Ю., Полонская Д.Е. Встречаемость нетуберкулезных микобактерий у населения г. Красноярск // Вестник КрасГАУ. 2013. № 7 (82): С. 180–183.
16. Старкова Д.А., Журавлев В.Ю., Вязовая А.А., Соловьева Н.С., Куликова О.Н., Нарвская О.В. Видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий у больных микобактериозом на территориях Северо-Западного федерального округа России // Туберкулез и болезни легких. 2019. Т. 97. № 6. С. 16–22. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-6-16-22
17. Буйневич И.В., Рузанов Д.Ю., Золотухина Л.В., Бондаренко В.Н., Майсеенко В.И., Журавлева Н.Ю. Распространенность нетуберкулезных микобактерий в Гомельской области // Проблемы Здоровья и Экологии. 2020. Т. 64. № 2. С. 78–84.
18. Kim HO, Lee K, Choi HK, Ha S, Lee SM, Seo GH. Incidence, comorbidities, and treatment patterns of non-tuberculous mycobacterial infection in South Korea. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(45):e17869. doi: 10.1097/MD.00000000000017869
19. Wang X, Li T, Liu Y, Zhu Y, Chen L, Gao Y. Clinical characteristics of patients with nontuberculous mycobacterium pulmonary disease in Fuyang, China: A retrospective study. *Infect Drug Resist*. 2024;(17):3989–4000. doi: 10.2147/IDR.S475652
20. Babalik A, Koç EN, Sekerbey HG, Dönmez GE, Balıkçı A, Kilicaslan Z. Nontuberculous mycobacteria isolation from sputum specimens: A retrospective analysis of 1061 cases. *Int J Mycobacteriol*. 2023;12(1):55–65. doi: 10.4103/ijmy.ijmy_10_23

REFERENCES

1. Dean SG, Ricotta EE, Fintzi J, et al. Mycobacterial testing trends, United States, 2009–2015. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(9):2243–2246. doi: 10.3201/eid2609.200749
2. Marshall JE, Mercaldo RA, Lipner EM, Prevots DR. Nontuberculous mycobacteria testing and culture positivity in the United States. *BMC Infect Dis*. 2024;24(1):288. doi: 10.1186/s12879-024-09059-9
3. Streltsova EN, Ryzhkova OA, Rubalsky EO, Abdrakhmanova RO, Baeva GR. Features and prevalence of causative agents of mycobacterioses. *Vestnik Tsentral'nogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Tuberkuleza*. 2025;9(1):10–17. (In Russ.) doi: 10.57014/2587-6678-2025-9-1-10-17
4. Tursunova NV, Guselnikova EP, Gordееva EI. Non-tuberculosis mycobacteria species circulating in the Siberian Federal District of Russia. *Vestnik Sovremennoy Klinicheskoy Meditsiny*. 2024;17(5):113–118. (In Russ.) doi: 10.20969/VSKM.2024.17(5).113-118
5. Hoefsloot W, van Ingen J, Andrejak C, et al.; Nontuberculous Mycobacteria Network European Trials Group. The geographic diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from pulmonary samples: An NTM-NET collaborative study. *Eur Respir J*. 2013;42(6):1604–1613. doi: 10.1183/09031936.00149212
6. van Ingen J, Bendien SA, de Lange WCM, et al. Clinical relevance of non-tuberculous mycobacteria isolated in the Nijmegen-Arnhem region, the Netherlands. *Thorax*. 2009;64(6):502–506. doi: 10.1136/thx.2008.110957
7. Alkhovik OI, Meshkov IO, Petrenko TI, Evdokimova LS. Identification of non-tuberculous mycobacteria circulating in different regions of Siberia and analysis of their drug resistance. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2019;97(10):5–11. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-10-5-11
8. Eliseev PI, Gurieva TI, Nikishova EI, Khimova ES, Maryandyshov AO. Detection of non-tuberculous mycobacteria and treatment of mycobacteriosis in Arkhangelsk Oblast in 2010–2020. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2024;102(5):12–20. (In Russ.) doi: 10.58838/2075-1230-2024-102-5-12-20
9. Dakić I, Arandjelović I, Savić B, et al. Pulmonary isolation and clinical relevance of nontuberculous mycobacteria during nationwide survey in Serbia, 2010–2015. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207751. doi: 10.1371/journal.pone.0207751
10. Chanchaonthana W, Kamolratanakul S, Rotcheewaphan S, Leelahavanichkul A, Schultz MJ. Recent advances in immunopathogenesis and clinical practice: Mastering the challenge-managing of non-tuberculous mycobacteria. *Front Immunol*. 2025;16:1554544. doi: 10.3389/fimmu.2025.1554544
11. Anisimova AI, Pavlova MV, Archakova LI, et al. Mycobacteriosis of the lungs: Difficulties of diagnosis and treatment (literature review). *Meditsinskiy Al'yans*. 2020;8(1):25–31. (In Russ.) doi: 10.36422/23076348-2020-8-1-25-31
12. Rea LM, Parker RA. *Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide*. 4th ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2014.
13. Baulin IA, Berkihanova ZB, Torkatiuk EA, Sinitsyna AV, Sinelnikova EV. Difficulties in diagnosing pulmonary mycobacteriosis (review). *Meditsinskiy Al'yans*. 2025;13(1):86–96. (In Russ.) doi: 10.36422/23076348-2025-13-1-86-96
14. Petrova LV, Melnikova EI, Soloviev YuA, Larionova EE, Sevastyanova EV. Detection of non-tuberculous mycobacteria in Mari El Republic. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2018;96(2):41–46. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-2-41-46
15. Oteva SYu, Polonskaya DE. The occurrence of non-tuberculosis mycobacteria among Krasnoyarsk city population. *Vestnik KrasGAU*. 2013;(7):180–183. (In Russ.)

16. Starkova DA, Zhuravlev VYu, Vyazovaya AA, Solovieva NS, Kulikova ON, Narvskaya OV. Species diversity of non-tuberculous mycobacteria in patients with mycobacteriosis in the North-Western Federal District of Russia. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2019;97(6):16-22. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-6-16-22
17. Bujnevich IV, Ruzanov DYU, Zolotuhina LV, Bondarenko VN, Majseenko VI, Zhuravleva NYu. Prevalence of nontuberculous mycobacteria in Gomel region. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2020;(2(64)):78-84. (In Russ.) doi: 10.51523/2708-6011.2020-17-2-11
18. Kim HO, Lee K, Choi HK, Ha S, Lee SM, Seo GH. Incidence, comorbidities, and treatment patterns of non-tuberculous mycobacterial infection in South Korea. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(45):e17869. doi: 10.1097/MD.00000000000017869
19. Wang X, Li T, Liu Y, Zhu Y, Chen L, Gao Y. Clinical characteristics of patients with nontuberculous mycobacterium pulmonary disease in Fuyang, China: A retrospective study. *Infect Drug Resist*. 2024;(17):3989-4000. doi: 10.2147/IDR.S475652
20. Babalik A, Koç EN, Sekerbey HG, Dönmez GE, Balıkçı A, Kilicaslan Z. Nontuberculous mycobacteria isolation from sputum specimens: A retrospective analysis of 1061 cases. *Int J Mycobacteriol*. 2023;12(1):55-65. doi: 10.4103/ijmy.ijmy_10_23

Сведения об авторах:

✉ **Петров** Илья Владимирович – к.м.н., доцент кафедры фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; доцент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: ilia.v.petrov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2097-5679>.

Патяшина Марина Александровна – д.м.н., заведующая кафедрой эпидемиологии и дезинфектологии Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: epidkgma@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>.

Соколова Надежда Геннадьевна – главный врач ГБУ РМЭ «Республиканский противотуберкулезный диспансер», главный внештатный специалист фтизиатр Министерства здравоохранения Республики Марий Эл; e-mail: rptd@mari-el.gov.ru.

Петрова Людмила Витальевна, к.м.н., заведующая бактериологической лабораторией ГБУ РМЭ «Республиканский противотуберкулезный диспансер»; доцент кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: lvps@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-2107>.

Альмухаметов Артур Амирович – ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: artur_efendi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4507-4914>.

Галиахметов Алмаз Ильгизарович – ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: megane999@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1267-9973>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Петров И.В., Патяшина М.А.*; сбор данных: *Петров И.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Петров И.В., Альмухаметов А.А., Соколова Н.Г., Петрова Л.В.*; обзор литературы: *Петров И.В., Галиахметов А.И.*; подготовка проекта рукописи: *Петров И.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено комитетом по этике КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России от 13 июня 2024 года № 03/06.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 02.06.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ **Ilia V. Petrov**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Fundamental Medicine, Mari State University; Associate Professor, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: ilia.v.petrov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2097-5679>.

Marina A. Petyashina, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Epidemiology and Disinfection, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: epidkgma@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>.

Nadezhda G. Sokolova, Chief Physician, Republican Tuberculosis Dispensary; Chief Freelance Phthisiologist; e-mail: rptd@mari-el.gov.ru.

Ludmila V. Petrova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Bacteriology, Republican Tuberculosis Dispensary; Associate Professor, Department of Biochemistry, Cell Biology and Microbiology, Mari State University; e-mail: lvps@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-2107>.

Artur A. Almukhametov, Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: artur_efendi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4507-4914>.

Almaz I. Galiakhmetov, Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: megane999@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1267-9973>.

Author contributions: study conception and design: *Petrov I.V., Petyashina M.A.*; data collection: *Petrov I.V.*; analysis and interpretation of results: *Petrov I.V., Almukhametov A.A., Sokolova N.G., Petrova L.V.*; bibliography compilation and referencing: *Petrov I.V., Galiakhmetov A.I.*; draft manuscript preparation: *Petrov I.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 of the Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation (protocol No. 03/06 of June 13, 2024).

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: June 2, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Эпидемиологические особенности ВИЧ-инфекции и молекулярно-генетическая характеристика ВИЧ-1, циркулирующего на территории Магаданской области

В.О. Котова¹, Е.А. Базыкина¹, Л.А. Балахонцева¹, О.Е. Троценко¹, Е.В. Семенова²,
Л.Н. Вахнина², О.Л. Журавкова²

¹ ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора,
ул. Шевченко, д. 2, г. Хабаровск, 680610, Российская Федерация

² ГБУЗ «Магаданский областной диспансер фтизиатрии и инфекционных заболеваний»,
ул. Попова, д. 7, корп. 2, г. Магадан, 685007, Российская Федерация

Резюме

Введение. ВИЧ-инфекция продолжает оставаться одной из важнейших проблем здравоохранения во всем мире. Поскольку высокое генетическое разнообразие ВИЧ и формирование резистентности к антиретровирусным препаратам оказывают отрицательное влияние на достижение цели по искоренению инфекции, важно проводить регулярный мониторинг циркулирующих вариантов ВИЧ-1 на различных территориях.

Цель исследования: проведение эпидемиологического и молекулярно-генетического анализа вариантов ВИЧ-1, циркулирующих на территории Магаданской области, включая анализ мутаций лекарственной устойчивости.

Материалы и методы. Анализ эпидемиологической обстановки по ВИЧ-инфекции проведен на основании данных, предоставленных территориальным центром по борьбе и профилактике СПИД в Магаданской области, а также сведений Федеральной службы государственной статистики за 2019–2024 гг. Молекулярно-генетический анализ проведен для 39 образцов плазмы крови методом секвенирования по Сэнгеру фрагментов гена *pol*, кодирующего протеазу и часть обратной транскриптазы ВИЧ-1.

Результаты. В обследованной группе преобладал суб-субтип А6 (87,2 %). Выявлено 2 завозных случая инфицирования субтипом В (5,1 %). В 3 случаях (7,7 %) обнаружена рекомбинантная форма CRF63_02A6. Мутации, ассоциированные с возникновением лекарственной устойчивости к антиретровирусным препаратам выявлены у 1 из 14 пациентов (7,1 %) не имеющих опыта терапии, и у 8 из 25 пациентов (32,0 %), находящихся на терапии.

Заключение. Проведенное исследование показало необходимость широкого внедрения современных молекулярно-генетических методов (секвенирования, филогенетического анализа, биоинформатических методов) в систему эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией на отдельных территориях Российской Федерации.

Ключевые слова: эпидемиологический анализ, ВИЧ-инфекция, субтипы ВИЧ-1, филогенетический анализ, лекарственная устойчивость, антиретровирусная терапия

Для цитирования: Котова В.О., Базыкина Е.А., Балахонцева Л.А., Троценко О.Е., Семенова Е.В., Вахнина Л.Н., Журавкова О.Л. Эпидемиологические особенности ВИЧ-инфекции и молекулярно-генетическая характеристика ВИЧ-1, циркулирующего на территории Магаданской области // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 83–93. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-83-93

Epidemiological Features of HIV Infection and Molecular Genetic Characteristics of HIV-1 Circulating in the Magadan Region

Valeriya O. Kotova,¹ Elena A. Bazykina,¹ Lyudmila A. Balakhontseva,¹ Olga E. Trotsenko,¹
Elena V. Semenova,² Larisa N. Vakhnina,² Olga L. Zhuravkova²

¹ Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology,
2 Shevchenko Street, Khabarovsk, 680610, Russian Federation

² Magadan Regional Dispensary of Phthisiology and Infectious Diseases,
Bldg 2, 7 Popov Street, Magadan, 685007, Russian Federation

Summary

Introduction: HIV infection remains one of the major public health problems worldwide. Since the high genetic diversity of HIV and the formation of resistance to antiretroviral drugs have a negative impact on achieving the goal of eradicating the infection, it is important to monitor circulating HIV-1 variants on different territories on a regular basis.

Objective: To conduct an epidemiological and molecular genetics analysis of HIV-1 variants circulating in the Magadan Region, including the analysis of drug resistance mutations.

Materials and methods: HIV infection rates were analyzed based on data provided by the Center for AIDS Control and Prevention in the Magadan Region and information from the Federal State Statistics Service for 2019–2024. Molecular genetics testing was performed for 39 blood plasma samples using Sanger sequencing of fragments of the *pol* gene encoding the protease and part of the HIV-1 reverse transcriptase.

Results: HIV-1 sub-subtype A6 prevailed in the examined group (87.2 %). We detected two imported cases of subtype B infection (5.1 %) and the recombinant of CRF63_02A6 in three cases (7.7 %). Mutations associated with the development of antiretroviral drug resistance were found in 1 of 14 untreated patients (7.1 %) and in 8 of 25 patients (32.0 %) undergoing therapy.

Conclusion: The results highlight the importance of widespread introduction of modern molecular genetics methods (sequencing, phylogenetic analysis, and bioinformatic techniques) into the HIV surveillance system in certain territories of the Russian Federation.

Keywords: epidemiological analysis, HIV infection, HIV-1 subtypes, phylogenetic analysis, drug resistance, antiretroviral therapy.

Cite as: Kotova VO, Bazykina EA, Balakhontseva LA, Trotsenko OE, Semenova EV, Vakhnina LN, Zhuravkova OL. Epidemiological features of HIV infection and molecular genetic characteristics of HIV-1 circulating in the Magadan Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):83–93. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-83-93

Введение. ВИЧ-инфекция продолжает оставаться серьезной проблемой, несмотря на огромные усилия, предпринимаемые во всем мире для борьбы с распространением ВИЧ. На 31 декабря 2024 г. в Российской Федерации (РФ), по данным Роспотребнадзора, показатель пораженности ВИЧ-инфекцией составил 831,44 на 100 тыс. населения. По данным Росстата, в 2023 г. ВИЧ-инфекция была обозначена главной причиной смерти у 16 561 гражданина России¹. Для Российской Федерации характерна территориальная неравномерность распространения ВИЧ-инфекции, обусловленная географическими и социально-экономическими факторами.

Одним из значительных препятствий в борьбе с эпидемией ВИЧ является способность вируса накапливать в своем геноме мутации, снижающие его чувствительность к антиретровирусным препаратам (АРВП) [1]. Это приводит к формированию лекарственной устойчивости (ЛУ) и повышению риска того, что назначенные схемы антиретровирусной терапии (АРТ) окажутся неэффективными [2, 3]. Исследования, проведенные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) по лекарственной устойчивости ВИЧ, показывают, что в мире растет число стран, превышающих 10% порог лекарственной устойчивости до начала лечения ненуклеозидными ингибиторами обратной транскриптазы (ННИОТ)².

Важнейшей составляющей эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией в РФ является проведение молекулярно-генетического мониторинга, включающего оценку генетического разнообразия ВИЧ и распространенность штаммов, обладающих устойчивостью к лекарственным препаратам [4, 5].

Проводимые ранее исследования по изучению генетического разнообразия ВИЧ-1 на территориях Дальневосточного федерального округа (ДФО) выявили существенные перемены в циркулирующих вариантах вируса за последние годы. Это выражается в снижении представленности суб-субтипа А6, преобладающего на большинстве территорий РФ, и росте доли рекомбинантных форм и вариантов вируса, ранее не зарегистрированных в регионах округа. Специфические особенности эпидемии ВИЧ-инфекции выявлены на территории Приморского края. Здесь, в отличие от большинства регионов РФ, где эпидемия ВИЧ обусловлена распространением подтипа А6 ВИЧ-1, наблюдается активное распространение восточноевропейского варианта субтипа В ВИЧ-1 и регулярное выявление субтипа С, а также различных рекомбинантных форм вируса. Так, на территории края в 2023 г. зарегистрирована новая форма, являющаяся результатом рекомбинации между вирусами суб-субтипа А6 и С – CRF157_A6C [6, 7]. На отдельных территориях округа зафиксиро-

вали следующие рекомбинантные варианты ВИЧ-1: CRF03_AB, CRF02_AG, CRF63_02A1, CRF11_cpx, CRF01_AE, CRF09_cpx, CRF07_BC, URF63_02A [8–10]. Наибольшая распространенность циркулирующих рекомбинантных форм отмечена на территориях Еврейской автономной (ЕАО) и Амурской областей [11, 12].

Несмотря на относительно стабильную ситуацию по заболеваемости ВИЧ-инфекцией в ДФО, в 2024 году 4 территории округа (Приморский край, Республика Бурятия, Магаданская область и Чукотский автономный округ) вошли в число 25 субъектов РФ с наиболее высокой заболеваемостью, превышающей общероссийский показатель³.

Магаданская область расположена на северо-востоке Российской Федерации, относится к районам Крайнего Севера и входит в состав ДФО. Граничит на севере с Чукотским автономным округом, на востоке – с Камчатским краем, на западе – с Якутией, на юге – с Хабаровским краем. Город Магадан, являющийся административным центром области, – это крупнейший на Северо-Востоке России порт на побережье Охотского моря, через который проходит основной грузопоток, предназначенный для области. Развитие отдельных отраслей экономики, нуждающихся в рабочей силе, создает спрос на иностранных специалистов, которые ежегодно привлекаются на сезонные работы с других субъектов РФ, а также из стран ЕАЭС (Армения, Беларусь, Казахстан, Киргизия), Таджикистана и Узбекистана.

На 01.01.2025, по данным Роспотребнадзора, за все время мониторинга в Магаданской области зафиксировано 1079 граждан Российской Федерации, инфицированных ВИЧ. Кроме того, случаи ВИЧ-инфекции выявлены у 238 иностранных граждан, находящихся на территории области. По данным формы федерального статистического наблюдения № 1 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», в Магаданской области в 2024 году было зарегистрировано 53 новых случая заражения ВИЧ, включая 3 случая среди лиц, не являющихся гражданами России⁴.

Цель исследования – проведение эпидемиологического и молекулярно-генетического анализа вариантов ВИЧ-1, циркулирующих на территории Магаданской области, включая анализ мутаций лекарственной устойчивости.

Материалы и методы

Эпидемиологический анализ. Эпидемиологический анализ ситуации по ВИЧ-инфекции в Магаданской области в 2019–2024 гг. включал изучение следующих показателей: пораженности, заболеваемости, смертности и летальности. Для выполнения поставленных задач были использованы

¹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171&from=hivruusia.info. (дата обращения: 05.08.2025).

² WHO. WHO releases HIV drug resistance report 2021. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/news/item/24-11-2021-who-releases-hiv-drug-resistance-report-2021> (дата обращения: 10.06.2025).

³ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171&from=hivruusia.info. (дата обращения: 05.08.2025).

⁴ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году по Магаданской области». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://49.rosпотребнадзор.ru/content/государственный-доклад-о-состоянии-санитарно-эпидемиологического-благополучия-населения-в-5> (дата обращения: 10.06.2025).

материалы, предоставленные по запросу отделением-центром по профилактике и борьбе со СПИД ГБУЗ «Магаданского областного диспансера фтизиатрии и инфекционных заболеваний» (далее – Центр СПИД), а также сведения Федеральной службы государственной статистики за 2019–2024 гг.

Материалы исследования. В рамках молекулярно-генетического исследования было проанализировано 39 образцов плазмы крови, полученных от лиц, живущих с ВИЧ (ЛЖВ), постоянно проживающих в Магаданской области.

Все пациенты были зарегистрированы в Центре СПИД с диагнозом «ВИЧ-инфекция». Сбор образцов крови был также осуществлен на базе Центра СПИД Магаданской области. Для всех пациентов получены информированные согласия на участие в исследовании, которое одобрено комитетом по этике ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора (протокол № 10 от 25.10.2023).

Исследование выполнено в рамках НИР «Комплексный подход к совершенствованию системы эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией (в том числе в сочетании с другими социально значимыми инфекциями) в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации на основе молекулярно-генетических методов исследования» (Рег. № 121052600116-1).

Методы исследования. Выделение РНК ВИЧ-1 проводили с использованием коммерческого набора «РИБО-золь-Е» (ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва). Нуклеотидные последовательности генома ВИЧ-1 выявляли методом секвенирования амплифицированных фрагментов гена *pol*, кодирующего протеазу и часть обратной транскриптазы ВИЧ-1, с использованием тест-системы «АмплиСенс® HIV-Resist-Seq» (производства ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора), согласно инструкции производителя.

Результаты ПЦР визуализировали в 2,0% агарозном геле. Очистку амплифицированной ДНК осуществляли с помощью набора для очистки ДНК из реакционной смеси (diaGene, Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Для проведения секвенирования по Сэнгеру на генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer (Life Technologies, США) использовали набор реагентов «BigDye Terminator™ v 3.1». Сборку нуклеотидных последовательностей осуществляли с помощью специального программного обеспечения «ДЕОНА» (ООО «МедАйТи Групп», Россия). Для выравнивания полученных нуклеотидных последовательностей использовалась программа BioEdit.7.1.9.

Генотипирование и филогенетический анализ. Для идентификации близкородственных штаммов ВИЧ-1 полученные нуклеотидные последовательности анализировались в программе BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Оценку подтиповой принадлежности первоначально проводили с применением специализированных онлайн-программ: REGA HIV-1 Subtyping Tool (версия 3), представленных на сайте Стэнфордского университета (<http://hivdb.stanford.edu>) и COMET HIV-1/2 (<http://comet.retrovirology.lu/>).

Филогенетический анализ выполняли с помощью программы MEGA версии 11.0, путем построения филогенетических деревьев методом ближайших соседей. Генетические дистанции между нуклеотидными последовательностями рассчитывали по двухпараметрическому методу Kimura. Для оценки достоверности филогенетических связей использовали бутстрэп (bootstrap) анализ для 1000 независимых построений каждого филогенетического дерева [13].

Анализ мутаций лекарственной устойчивости. Выявление мутаций лекарственной устойчивости, важных для надзора за резистентностью, осуществлялось согласно списку SDRM (Surveillance drug resistance mutations) 2009 г. с помощью базы данных Стэнфордского университета HIVdb (v. 9.1) (<https://hivdb.stanford.edu/>).

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием программы Excel 2013 и с расчетом средней арифметической ошибки. Использовался метод описательной и аналитической эпидемиологии.

Результаты. Магаданская область является территорией со средним уровнем заболеваемости и пораженности ВИЧ-инфекцией в ДФО. Первый случай ВИЧ-инфекции зарегистрирован в 1993 г., но систематический учет новых случаев инфицирования ведется с 1996 г. В 1997–1998 гг. были отмечены эпидемические вспышки ВИЧ-инфекции среди потребителей наркотиков, прибывших на сезонные работы, в основном из Украины.

Проведенный эпидемиологический анализ заболеваемости ВИЧ-инфекцией в регионе за 2019–2024 гг. показал, что показатели заболеваемости и пораженности ВИЧ-инфекцией в субъекте за 2024 г. статистически значимо не отличались ($p > 0,05$) от среднего уровня по ДФО и составили для Магаданской области 30,0 (95 % ДИ 21,4–40,0) случаев на 100 тыс. населения и 407,1 (95 % ДИ 373,6–442,0) случаев на 100 тыс. населения, для ДФО – 31,9 (95 % ДИ 30,7–33,2) случаев на 100 тыс. населения и 411,6 (95 % ДИ 407,1–416,1) случаев на 100 тыс. населения, соответственно. В период с 2019 по 2024 год заболеваемость ВИЧ-инфекцией в Магаданской области оставалась относительно стабильной ($T_{np} = 0,9$ %). В то же время в ДФО наблюдалось ее умеренное сокращение ($T_{yb} = -1,4$ %). В Магаданской области с 2019 г. существенное увеличение новых случаев ВИЧ-инфекции было зафиксировано в 2020 г. (на 42,7 % в сравнении с 2019 г.) и в 2023-м (на 19,7 % в сравнении с 2022 г.) (рис. 1).

Динамика показателей летальности и смертности вследствие ВИЧ-инфекции в Магаданской области имела волнообразный характер. Показатели летальности в Магаданской области и в целом по ДФО за 2024 г. равнялись 0,9 % (95 % ДИ 0,4–1,6 %) и 1,0 % (95 % ДИ 0,9–1,1 %), смертности – 12,7 (95 % ДИ 7,4–19,5) и 17,1 (95 % ДИ 16,2–18,0) случаев на 100 тыс. населения, соответственно (рис. 2). В 2024 г. в Магаданской области эти показатели были несколько меньше среднерасчетного значения по ДФО, однако данная разница оказалась статистически незначимой ($p > 0,05$).

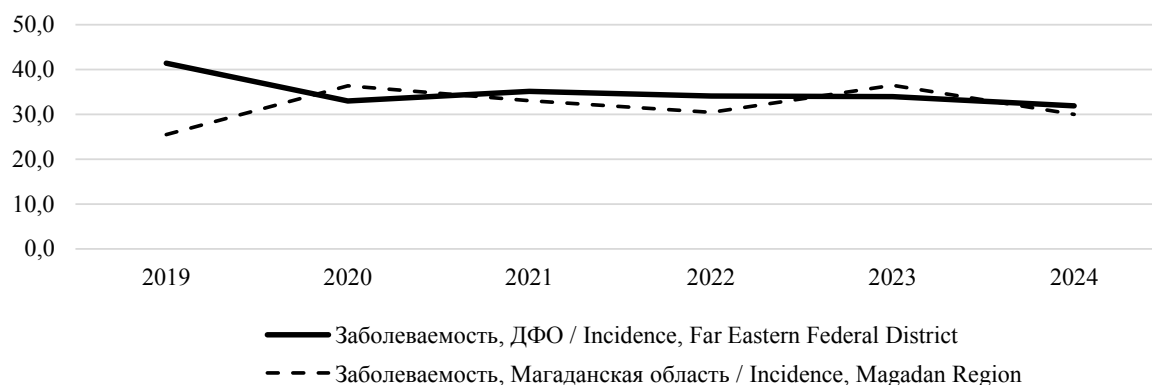


Рис. 1. Заболеваемость ВИЧ-инфекцией в ДФО и Магаданской области за 2019–2024 гг., показатель на 100 тыс. населения

Fig. 1. HIV incidence in the Far Eastern Federal District and the Magadan Region in 2019–2024, per 100,000 population

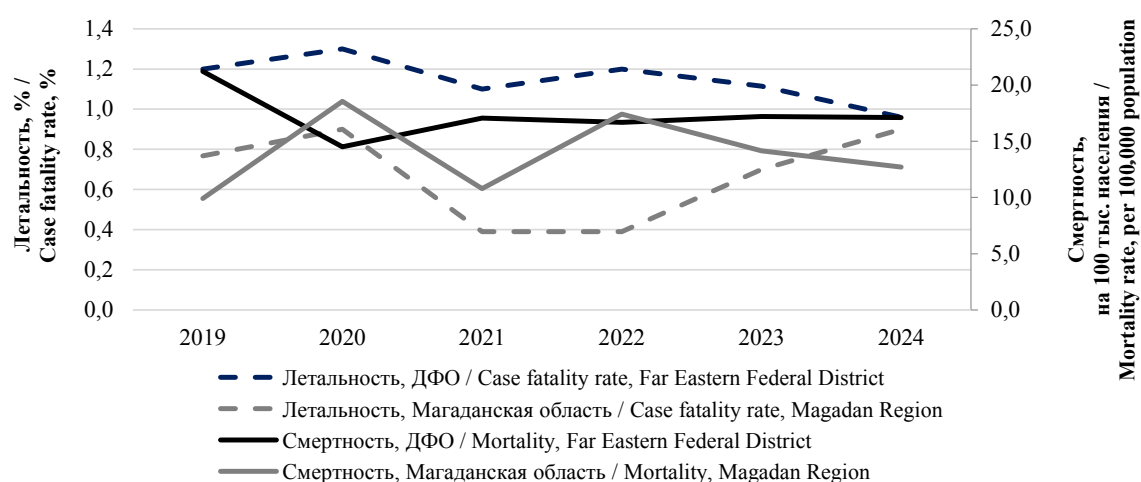


Рис. 2. Уровни летальности (%) и смертности (на 100 тыс. населения) от ВИЧ-инфекции в Магаданской области и ДФО за 2019–2024 гг.

Fig. 2. Case fatality (%) and mortality rates (per 100,000 population) for HIV in the Magadan Region and the Far Eastern Federal District in 2019–2024

Несмотря на то что впервые выявленные случаи ВИЧ-инфекции несколько чаще отмечаются у мужчин, анализ не выявил статистически значимой разницы в процентном соотношении полов ($p > 0,05$) как в Магаданской области, так и в ДФО (рис. 3).

Одной из отличительных особенностей эпидемиологического процесса ВИЧ-инфекции в Магаданской области являлось преобладание гемоконтактного пути передачи ВИЧ вплоть до 2023 г. Причем в 2023 г. в структуре путей передачи ВИЧ доля гемоконтактного пути превышала среднее окружное значение в 2,5 раза ($p = 0,000005$) (рис. 4).

В 2024 г. в Магаданской области произошло значительное изменение в структуре путей передачи ВИЧ-инфекции. На долю гемоконтактного пути пришлось всего 20 % (95 % ДИ 9,2–33,6 %), что оказалось ниже данных 2023 г. в 2,7 раза ($p = 0,0004$). Одновременно с этим зарегистрирован статистически значимый ($p = 0,0002$) рост удельного веса полового пути передачи ВИЧ – с 40,8 % (95 % ДИ 26,2–56,2 %) в 2023 г. до 77,5 % (95 % ДИ 63,5–88,9 %) в 2024 г.

Важно подчеркнуть, что в 2024 году в регионе не зафиксировано случаев вертикальной передачи

ВИЧ. Этот результат достигнут благодаря 100 % (в шести случаях из шести) охвату химиопрофилактикой заболевания как беременных женщин, так и их новорожденных детей.

Расшифровка случаев ВИЧ-инфекции в субъекте проводилась эффективно: доля незавершенных эпидемиологических расследований в 2024 г. составила всего 2,5 % (95 % ДИ 0,001–9,5 %) (рис. 4).

Среди впервые выявленных лиц с ВИЧ-инфекцией в 2024 г. преобладали граждане в возрасте 20–39 лет, причем их доля превышала среднерасчетную по ДФО на 74,9 % ($p = 0,0001$). Следует отметить, что дети и подростки в Магаданской области оказались вовлечены в эпидемический процесс реже, чем в среднем по ДФО. В 2024 г. впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции среди детей до 9 лет не отмечено, а в возрастной группе 10–19 лет был зарегистрирован только один случай ВИЧ-инфекции (рис. 5).

На конец 2024 года на диспансерном учете в Магаданской области состояло 99,6 % от всех ВИЧ-инфицированных. Доля пациентов, получающих антиретровирусную терапию (АРТ), среди лиц, состоящих на диспансерном учете в 2024 году, составила 98,7 %.

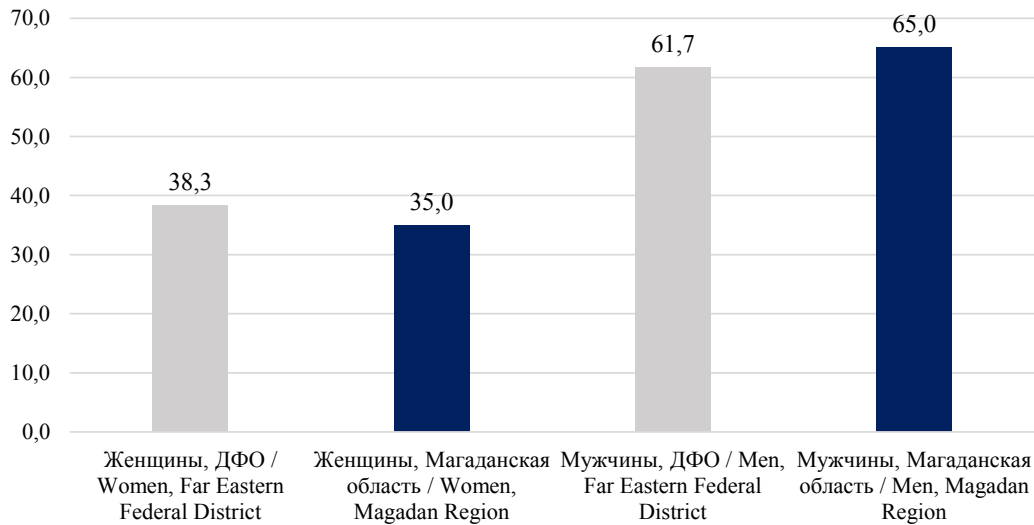


Рис. 3. Структура вовлеченности (%) мужчин и женщин в эпидемический процесс ВИЧ-инфекции в Магаданской области и ДФО в 2024 г.

Fig. 3. Sex distribution (%) of HIV patients in the Magadan Region and the Far Eastern Federal District in 2024

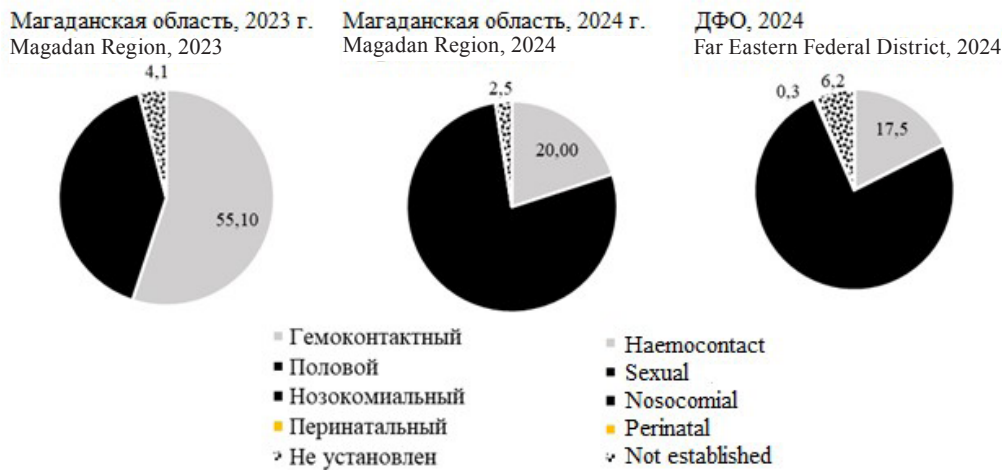


Рис. 4. Структура (%) путей передачи ВИЧ-инфекции в Магаданской области (2023–2024 гг.) и ДФО (2024 г.)
Fig. 4. Distribution of HIV transmission routes (%) in the Magadan Region (2023–2024) and the Far Eastern Federal District (2024)

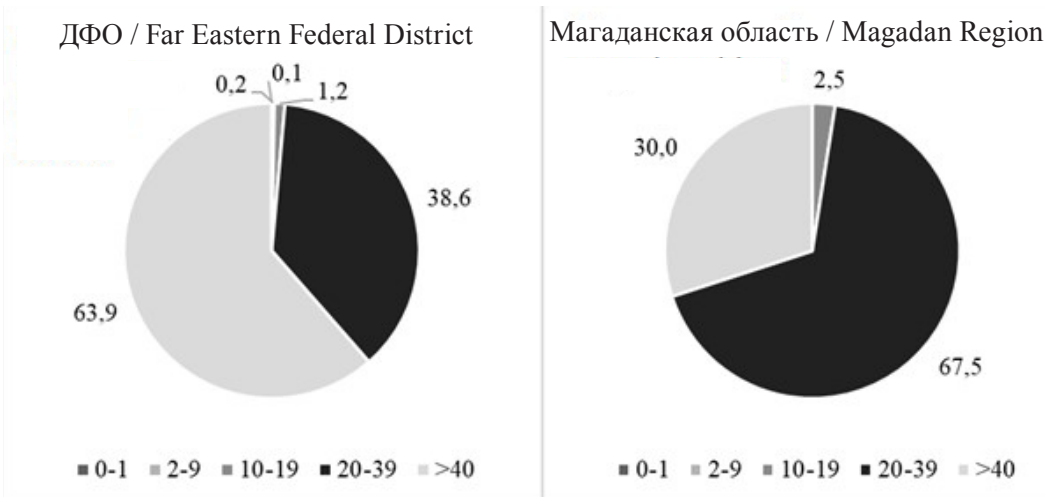


Рис. 5. Возрастная структура (%) пациентов с ВИЧ-инфекцией в Магаданской области и ДФО за 2024 г.

Fig. 5. Age distribution (%) of HIV-infected patients in the Magadan Region and the Far Eastern Federal District in 2024

В ходе проведенного исследования проанализированы образцы плазмы крови от 39 лиц, живущих с ВИЧ (ЛЖВ) в Магаданской области. Медиана возраста обследованных пациентов составила 43,5 года (диапазон от 20 года до 57 лет). Среди обследованных преобладали лица мужского пола – 28 человек (71,8 %; 95 % ДИ 57,1–84,8 %). Доля женщин составила 28,2 % (95 % ДИ 15,2–42,9 %). Годы постановки диагноза «ВИЧ-инфекция» на основе положительного результата на антитела к ВИЧ в реакции иммуноблоттинга были в диапазоне 2000–2023 гг. Инфицирование 5 пациентов произошло за пределами Магаданской области. Предполагаемый путь инфицирования ВИЧ был известен для всех 39 обследованных пациентов, у 22 из них преобладал гетеросексуальный путь передачи ВИЧ (56,4 %; 95 % ДИ 40,4–70,1). У 16 пациентов установлен парентеральный путь заражения при внутривенном употреблении наркотических препаратов (41,0 %; 95 % ДИ 26,3–56,6). Вертикальный путь передачи (от матери к ребенку) зарегистрирован в 1 случае, его доля составила 2,6 % (95 % ДИ 0,9–3,6 %). На момент забора крови терапию получали 25 человек (64,1 %; 95 % ДИ 48,5–78,1 %), 14 пациентов опыта приема АРВП не имели (35,9 %; 95 % ДИ 21,9–51,5 %).

Проведенные исследования показали, что на территории Магаданской области среди ВИЧ-инфицированных продолжает сохраняться высокая доля суб-субтипа А6 (87,2 %; 95 %, 74,8–95,6). В 3 случаях из 39 (7,7 %; 95 % ДИ 1,7–18,4) зафиксирована рекомбинантная форма CRF63_02A6. В 2 случаях (5,1 %; 95 % ДИ 0,5–13,9) обнаружен субтип В.

В результате проведенного филогенетического анализа штаммы суб-субтипа А6 на филогенетическом древе распределились в пределах единого генетического кластера с образцами, выделенными в разные годы в других регионах РФ и за рубежом. При этом отдельная группа из 19 исследованных штаммов образовала независимый кластер, отличающийся от других штаммов суб-субтипа А6. Данный кластер объединил последовательности от 10 пациентов, у которых ВИЧ-инфекция была диагностирована в период с 2012 по 2015 год, и от 9 пациентов – с периодом постановки диагноза в 2022–2023 гг. Среди этих 19 пациентов 12 являлись потребителями инъекционных наркотиков (рис. 6).

Образец № 114704 от пациента из Магаданской области, инфицированного в результате гетеросексуального контакта (диагноз ВИЧ-инфекции установлен в 2023 году), сформировал единый кластер со штаммами субтипа В, выявленными в разные годы на территориях РФ и Испании, в т. ч. среди мужчин, практикующих секс с мужчинами (МСМ). Образец № 116804, полученный от инфицированного в 2011 году в Приморском крае пациента (на момент забора крови проживающего в Магаданской области), объединился в статистически достоверный кластер с восточноевропейскими штаммами ВИЧ-1, циркулирующими на территориях ДФО (в Приморском и Хабаровском краях).

В ходе проведенного анализа три нуклеотидные последовательности образовали общий кластер со штаммами рекомбинантной формы CRF63_02A1 ВИЧ-1, широко распространенной и доминирующей в регионах Сибирского федерального округа [14, 15]. Все три случая заражения рекомбинантной формой CRF63_02A6 выявлены у пациентов из Магаданской области, инфицированных гетеросексуальным путем. Самый ранний случай зарегистрирован в 2017 году. Образец № 115204 оказался наиболее близок к образцам из г. Томска (MG211603), а образцы № 115304 и 115704 сформировали отдельный кластер со штаммами, выделенными в Новосибирской области.

Из 39 обследованных пациентов опыт АРТ имели 25 человек. В 9 случаях (36,0 %) использовалась только 1 схема терапии, в 7 случаях (28,0 %) – 2 схемы, в 6 случаях (24,0 %) – 3 схемы, и 3 пациента (16,0 %) получали 4-ю схему терапии. В качестве основного препарата из группы нуклеозидных ингибиторов обратной транскриптазы (НИОТ) в 96 % случаев (24 из 25) назначался Ламивудин (ЗТС), чаще всего в комбинации с Тенофовиром (ТДФ) или Зидовудином (АЗТ). В качестве третьего препарата в схемах терапии применялись либо ненуклеозидные ингибиторы обратной транскриптазы (ННИОТ), либо ингибиторы протеазы, усиленные Ритонавиром (РТВ). У 12 пациентов в схемы терапии были включены препараты, относящиеся к классу ингибиторов интегразы, – Долутеграви́р (ДТГ) или Ралтеграви́р (РАЛ).

У 8 из 25 пациентов, получающих АРТ (32,0 %; 95 % ДИ 15,5–51,2), обнаружены мутации из перечня Стэнфордской базы данных, связанные с развитием лекарственной устойчивости вируса. У 5 пациентов имелись мутации, которые придают устойчивость сразу к двум классам АРВП: НИОТ и ННИОТ, у 1 больного выявлены мутации устойчивости только к НИОТ и еще у 1 пациента – только к ННИОТ. У 1 пациентки, получающей 3-ю схему терапии, выявлен штамм ВИЧ-1, резистентный сразу к трем классам препаратов – ИП, НИОТ и ННИОТ (таблица).

Мутации лекарственной устойчивости к ИП обнаружены только в одном случае. Замена M46I сочеталась с основными (I50V, I54L) и дополнительными мутациями (L24I, L33F, K43T, T74P), что привело к формированию ЛУ высокого уровня к Лопинавиру (ЛПВ) и среднего уровня – к Атазанавиру (АТВ) и Дарунавиру (ДРВ).

Анализ 14 нуклеотидных последовательностей, выделенных от ЛЖВ Магаданской области, ранее не принимавших АРВП, показал наличие надзорных мутаций, связанных с формированием резистентности к АРВП, лишь в одном случае. Данные мутации соответствовали перечню SDRM (Surveillance drug resistance mutations) 2009 г. (<https://hivdb.stanford.edu/>). У пациента, являющегося потребителем инъекционных наркотиков и инфицированного суб-субтипом А6 (диагноз ВИЧ-инфекции установлен в 2023 году), обнаружена мутация K103N, обуславливающая высокий уровень устойчивости к препаратам класса ННИОТ – эфавирензу (ЕФВ) и невирапину (NVP).

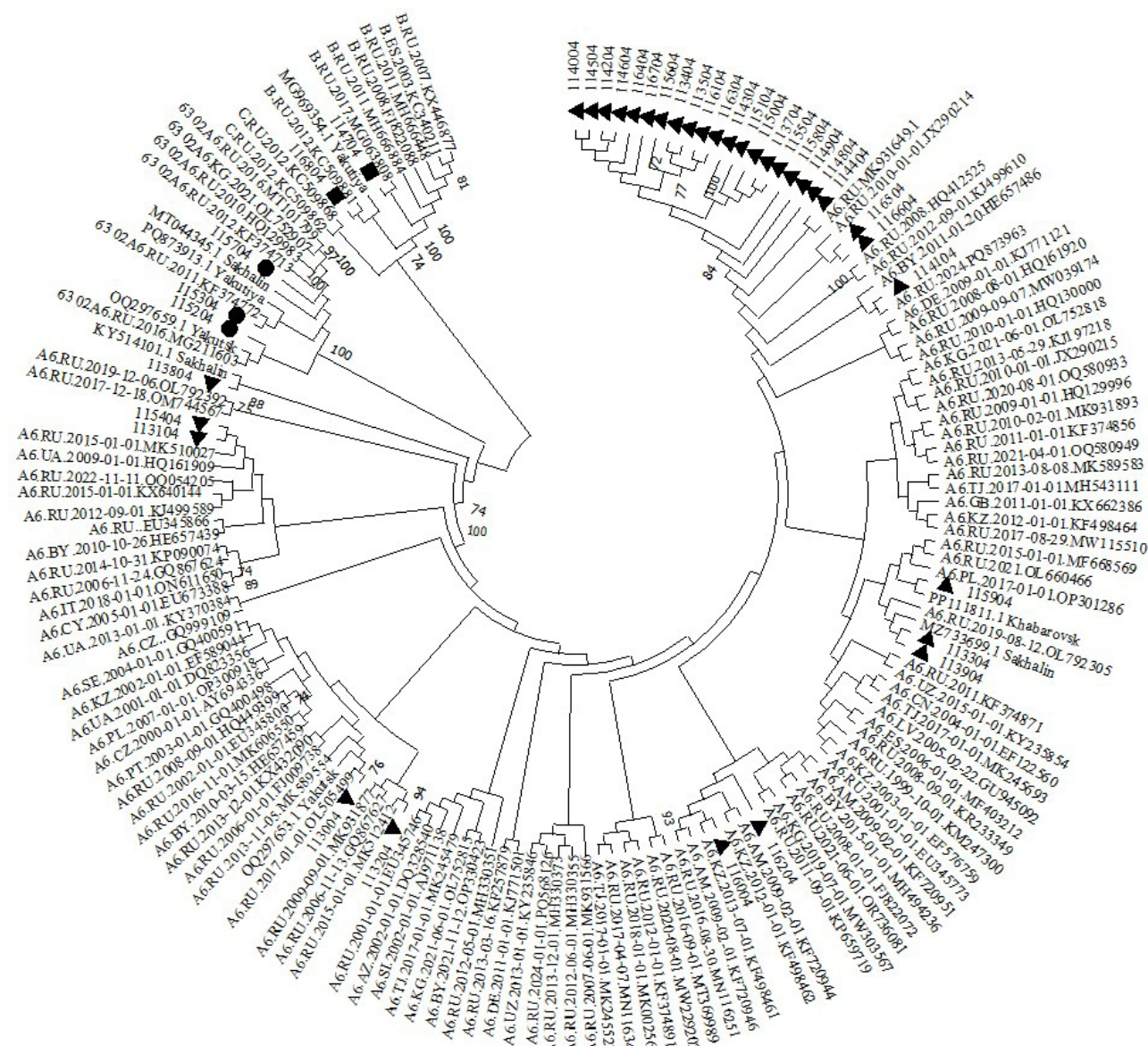


Рис. 6. Результат филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей области гена *pol* генетических вариантов ВИЧ-1, выделенных от пациентов, проживающих на территории Магаданской области

Примечание: черный треугольник – образцы суб-субтипа А6, черный круг – образцы рекомбинантной формы CRF63_02A6, черный квадрат – образцы субтипа В. Обозначение референс-последовательностей ВИЧ-1 соответствует коду GenBank. Указаны значения бутстрэп-индекса, превышающие 70.

Fig. 6. Results of the phylogenetic analysis of HIV-1 *pol* gene nucleotide sequences isolated from residents of the Magadan Region

Notes: Black triangles mark samples of sub-subtype A6, black circles – samples of the recombinant CRF63_02A6, and black squares – subtype B samples. HIV-1 reference sequences correspond to the GenBank code. Bootstrap indices exceeding 70 are shown.

Кроме основных (надзорных) мутаций, определяющих ЛУ, были выявлены различные полиморфные мутации. Так, у 24 пациентов, инфицированных вирусом суб-субтипа А6, независимо от приема АРТ встречалась мутация А62V, представляющая собой естественный полиморфизм для варианта А6 [16, 17].

Обсуждение. Проведенный анализ эпидемиологической ситуации по ВИЧ-инфекции в Магаданской области – территории с средним уровнем распространенности инфекции выявил некоторые особенности. В Магаданской области,

в отличие от других субъектов ДФО, вплоть до 2023 г. отмечалась значительная распространенность гемоконтактного пути передачи. В 2023 г. его доля оказалась выше таковой в Приморском крае и значительно больше среднерасчетного для ДФО в целом. Примечательно, что изменение структуры путей передачи ВИЧ-инфекции в 2024 г. обусловлено в Магаданской области не только снижением абсолютного числа зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции с гемоконтактным путем передачи ВИЧ среди лиц с впервые выявленным диагнозом (с 27 человек в 2023 г. до 8 в 2024 г.),

Таблица. Мутации лекарственной устойчивости ВИЧ-1, выявленные у обследованных пациентов, имеющих опыт АРВТ (8 человек)

Table. HIV-1 drug resistance mutations found in eight patients receiving antiretroviral therapy

№	Пол / Sex	Возраст, лет / Age, years	Дата ИБ / Year of immunoblotting	Код инф. / Code of infection	Генотип / Genotype	Мутации / Mutations		
						НИОТ / NRIT	ННИОТ / NNRIT	ИП / Pls
113004	Ж / F	54	2007	104	A6	D67N, K70R, M184V, K219E	Y181I	M46I, I50V, I54L, L24I, L33F, K43T, T74P
113104	Ж / F	51	2007	104	A6	K65R	G190S	
113204	М / M	50	2008	104	A6	M184V, K219Q	L100V, K101E, E138A, V179F, G190S	
113604	М / M	34	2023	104	A6	K65R	K101E, V106I, E138K	
114204	М / M	39	2012	108	A6	A62V, M184V		
114504	Ж / F	48	2014	108	A6	A62V, M184V	V179D, G190A	
116704	М / M	37	2022	108	A6		K103N	
116804	М / M	39	2012	104	B	L74V, Y115F, M184V	K103N, P225H, L234I	

но и увеличением абсолютного числа случаев половой передачи инфекции (с 20 человек в 2023 г. до 31 в 2024 г.). Помимо особенностей, выявленных в структуре путей передачи ВИЧ-инфекции, Магаданская область отличается и распределением ВИЧ-инфицированных граждан по возрасту. Так, в регионе отмечается высокая доля наиболее трудоспособного населения 20–39 лет среди лиц, у которые ВИЧ-инфекция диагностирована впервые.

Проведенные молекулярно-генетические исследования показали, что профиль геновариантов ВИЧ-1, циркулирующих на территории Магаданской области, не отличается большим разнообразием. Несмотря на происходящие миграционные процессы, в регионе сформировалась достаточно изолированная популяция ЛЖВ. Среди обследованных пациентов продолжает оставаться высокой доля суб-субтипа А6 (87,2 %). Филогенетический анализ выявил 1 крупный молекулярный кластер, образованный 19 полученными нуклеотидными последовательностями суб-субтипа А6, в котором 63,2 % инфицированных заразились в результате внутривенного введения наркотических препаратов. Высокое генетическое сходство вирусов внутри этого кластера указывает на возможную эпидемиологическую взаимосвязь между этими пациентами. Это обстоятельство может быть использовано эпидемиологами при проведении эпидемиологических расследований и для выявления источника заражения.

На территории области зафиксировано 3 случая инфицирования рекомбинантной формой вируса CRF63_02A6 и 2 случая – субтипом В ВИЧ-1. Анализ эпидемиологических данных обследованных пациентов показал, что оба случая заражения ВИЧ-1 субтипа В являются завозными, поскольку инфицирование произошло за пределами Магаданской области.

Исследования генетической изменчивости и первичной (передаваемой) лекарственной устойчивости ВИЧ-1 имеют большое значение для предотвращения распространения резистентных штаммов вируса.

Поскольку анализируемая выборка пациентов без опыта АРТ ограничивалась 14 образцами, сделать окончательные выводы об общем уровне первичной резистентности в регионе не представилось возможным. В связи с этим исследования в данном направлении будут продолжены.

У ЛЖВ, получавших АРТ, было идентифицировано несколько основных мутаций ЛУ в 12 позициях генов обратной транскриптазы (K65R, D67N, K70R, L74V, K101E, K103N, Y115F, Y181I, M184V, G190S/A, K219Q/E, P225H). Среди наиболее распространенных мутаций была замена M184V среди НИОТ и K103N среди ННИОТ, что подтверждается результатами и других исследований, проведенных в РФ [18–24]. Замена M184V связана с высокой устойчивостью к ЗТС и Эмтрицитабину (FTC) и приводит к снижению восприимчивости к этим препаратам более чем в 200 раз [25].

Результаты исследования по распространению приобретенной ЛУ среди пациентов с опытом терапии указывают на необходимость увеличения охвата тестированием на ЛУ с целью раннего выявления мутаций резистентности, что имеет большое значение для оценки эффективности АРТ, корректировки назначаемых схем лечения и планирования закупок АРВП.

Заключение. Проведенное на территории Магаданской области исследование показало необходимость во внедрении современных молекулярно-генетических технологий (таких, как секвенирование, филогенетический анализ, биоинформатические методы) в систему эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией. Перечисленные методы позволяют получить дополнительные сведения, которые могут быть применены для более углубленного анализа особенностей распространения ВИЧ в каждом конкретном регионе.

Все полученные нуклеотидные последовательности фрагментов генома ВИЧ-1 внесены в международный банк данных GenBank (№ PQ873916–PQ873954), а также опубликованы в Российской базе

данных резистентности ВИЧ к антиретровирусным препаратам, размещенной на российской платформе агрегации информации о геномах вирусов «VGARus».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Blassel L, Zhukova A, Villabona-Arenas CJ, Atkins KE, Hué S, Gascuel O. Drug resistance mutations in HIV: New bioinformatics approaches and challenges. *Curr Opin Virol*. 2021;51:56-64. doi: 10.1016/j.coviro.2021.09.009
- Ouyang F, Yuan D, Zhai W, Liu S, Zhou Y, Yang H. HIV-1 drug resistance detected by next-generation sequencing among ART-naïve individuals: A systematic review and meta-analysis. *Viruses*. 2024;16(2):239. doi: 10.3390/v16020239
- Ожмегова Е.Н., Бобкова М.Р. Лекарственная устойчивость ВИЧ: прежние и современные тенденции // Вопросы вирусологии. 2022. Т. 67. № 3. С. 193-205. doi: 10.36233/0507-4088-113
- Киреев Д.Е., Кириченко А.А., Акимкин В.Г. Геномный эпидемиологический надзор за ВИЧ-инфекцией в Российской Федерации // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2024. Т. 16. № 4. С. 17-27. doi: 10.22328/2077-9828-2024-16-4-17-27
- Антонова А.А., Кузнецова А.И., Ожмегова Е.Н. и др. Генетическое разнообразие ВИЧ-1 на современном этапе эпидемии в Российской Федерации: увеличение распространенности рекомбинантных форм // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2023. Т. 15. № 3. С. 61-72. doi: 10.22328/2077-9828-2023-15-3-61-72
- Halikov MR, Ekushov VE, Totmenin AV, et al. Identification of a novel HIV-1 circulating recombinant form CRF157_A6C in Primorsky Territory, Russia. *J Infect*. 2024;88(2):180-182. doi: 10.1016/j.jinf.2023.11.005
- Халиков М.Р., Екушов В.Е., Тотменин А.В. и др. Вклад рекомбинационной изменчивости ВИЧ в формирование популяции ВИЧ-1, циркулирующих в Приморском крае // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 4. С. 125-133. doi: 10.18470/1992-1098-2023-4-125-133
- Осипова И.П., Тотменин А.В., Берсенев П.Г. и др. Актуальность использования методов молекулярной эпидемиологии ВИЧ для характеристики территориальных эпидемий: Сахалинская область // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 3. С. 126-132. doi: 10.18470/1992-1098-2023-3-126-132
- Antonova A, Kazennova E, Lebedev A, et al. Recombinant forms of HIV-1 in the last decade of the epidemic in the Russian Federation. *Viruses*. 2023;15(12):2312. doi: 10.3390/v15122312
- Казеннова Е.В., Антонова А.А., Ожмегова Е.Н. и др. Генетический анализ ВИЧ-1 в Алтайском крае: дальнейшее распространение варианта CRF63_02A1 по территории Западной Сибири // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2020. Т. 12. № 1. С. 47-57. doi: 10.22328/2077-9828-2020-12-1-47-57
- Котова В.О., Балахонцева Л.А., Базыкина Е.А., Троценко О.Е. Циркулирующие рекомбинантные формы ВИЧ-1 на территориях Дальневосточного федерального округа // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2021. № 40. С. 79-87.
- Котова В.О., Троценко О.Е., Балахонцева Л.А. и др. Молекулярно-эпидемиологическая характеристика вариантов ВИЧ-1, циркулирующих на территории Еврейской автономной области // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2018. Т. 10. № 4. С. 90-99. doi: 10.22328/2077-9828-2018-10-4-90-99
- Tamura K, Stecher G, Kumar S. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Mol Biol Evol*. 2021;38(7):3022-3027. doi: 10.1093/molbev/msab120
- Зырянова Д.П., Богачева Н.В., Тотменин А.В. и др. Модели CRF63_02A6 ВИЧ-1 как инструмент для оценки эффективности разрабатываемых антиретровирусных препаратов // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 4. С. 769-774. doi: 10.15789/2220-7619-MHC-1261
- Sivay MV, Maksimenko LV, Osipova IP, et al. Spatiotemporal dynamics of HIV-1 CRF63_02A6 sub-epidemic. *Front Microbiol*. 2022;13:946787. doi: 10.3389/fmicb.2022.946787
- Кузнецова А.И. Роль полиморфизма ВИЧ-1 в патогенезе заболевания // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2023. Т. 15. № 3. С. 26-37. doi: 10.22328/2077-9828-2023-15-3-26-37
- Ожмегова Е.Н., Кузнецова А.И., Лебедев А.В. и др. Эффективность схем АРТ первой линии на основе TDF у ВИЧ-инфицированных пациентов с предсуществующей мутацией A62V в обратной транскриптазе // Вопросы вирусологии. 2024. Т. 69. № 3. С. 231-240. doi: 10.36233/0507-4088-232
- Щемелев А.Н., Семенов А.В., Останкова Ю.В. и др. Генетическое разнообразие и мутации лекарственной устойчивости ВИЧ-1 в Ленинградской области // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2022. Т. 99. № 1. С. 28-37. doi: 10.36233/0372-9311-216
- Кириченко А.А., Киреев Д.Е., Сидорина Ю.Н., Абашина Н.Д., Брусенцева Е.Е., Акимкин В.Г. Пилотное исследование по изучению особенностей распространения резистентных вариантов ВИЧ-1 с помощью молекулярных кластеров. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2024. Т. 101. № 5. С. 581-593. doi: https://10.36233/0372-9311-565
- Парфенова О.В., Пекшева О.Ю., Зайцева Н.Н. Распространение мутаций резистентности и субтипов ВИЧ-1 как показатель динамики эпидемии ВИЧ-инфекции в Приволжском федеральном округе в 2016–2018 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 8 (317). С. 50–55. doi: 10.35627/2219-5238/2019-317-8-50-55
- Останкова Ю.В., Щемелев А.Н., Зуева Е.Б., Чурина М.А., Валутите Д.Э., Семенов А.В. Молекулярная эпидемиология и фармакорезистентность ВИЧ у пациентов с вирусологической неэффективностью антиретровирусной терапии в Архангельской области // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2019. № 4. С. 79–90. doi: 10.22328/2077-9828-2019-11-4-79-90
- Питерский М.В., Гусев А.Г., Ходаков О.А. и др. Разнообразие субтипов, филогенетический анализ и изучение лекарственной устойчивости штаммов ВИЧ-1, циркулирующих в Уральском федеральном округе // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2022. Т. 99. № 1. С. 38-53. doi: 10.36233/0372-9311-178
- Капустин Д.В., Краснова Е.И., Халиков М.Р. и др. Анализ распространенности первичной резистентности ВИЧ-1 к антиретровирусным препаратам в Новосибирской области // Терапия. 2022. Т. 8. № 3(55). С. 35-41. doi: 10.18565/therapy.2022.3.35-41
- Kirichenko A, Kireev D, Lopatukhin A, et al. Prevalence of HIV-1 drug resistance in Eastern European and Central Asian countries. *PLoS One*. 2022;17(1):e0257731. doi: 10.1371/journal.pone.0257731
- Leal SDV, Pimentel V, Gonçalves P, et al. Genetic diversity and antiretroviral resistance in HIV-1-infected patients newly diagnosed in Cabo Verde. *Viruses*. 2024;16(12):1953. doi: 10.3390/v16121953

REFERENCES

- Blassel L, Zhukova A, Villabona-Arenas CJ, Atkins KE, Hué S, Gascuel O. Drug resistance mutations in HIV: New

- bioinformatics approaches and challenges. *Curr Opin Virol.* 2021;51:56-64. doi: 10.1016/j.coviro.2021.09.009
2. Ouyang F, Yuan D, Zhai W, Liu S, Zhou Y, Yang H. HIV-1 drug resistance detected by next-generation sequencing among ART-naïve individuals: A systematic review and meta-analysis. *Viruses.* 2024;16(2):239. doi: 10.3390/v16020239
 3. Ozhmegova EN, Bobkova MR. HIV drug resistance: Past and current trends. *Voprosy Virusologii.* 2022;67(3):193-205. (In Russ.) doi: 10.36233/0507-4088-113
 4. Kireev DE, Kirichenko AA, Akimkin VG. Genomic surveillance of HIV infection in the Russian Federation. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2024;16(4):17-27. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2024-16-4-17-27
 5. Antonova AA, Kuznetsova AI, Ozhmegova EN, et al. Genetic diversity of HIV-1 at the current stage of the epidemic in the Russian Federation: An increase in the prevalence of recombinant forms. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2023;15(3):61-72. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2023-15-3-61-72
 6. Halikov MR, Ekushov VE, Totmenin AV, et al. Identification of a novel HIV-1 circulating recombinant form CRF157_A6C in Primorsky Territory, Russia. *J Infect.* 2024;88(2):180-182. doi: 10.1016/j.jinf.2023.11.005
 7. Halikov MR, Ekushov VE, Totmenin AV, et al. The role of recombination variability to the formation of the population the HIV-1 population circulating in the Primorsky Krai, Russia. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitie.* 2023;18(4):125-133. (In Russ.) doi: 10.18470/1992-1098-2023-4-125-133
 8. Osipova IP, Totmenin AV, Bersenev PG, Ilyina EYu, Lomakina EA, Gashnikova NM. The relevance of using methods of molecular epidemiology of HIV to characterize territorial epidemics: Sakhalin region, Russia. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitie.* 2023;18(3):126-132. (In Russ.) doi: 10.18470/1992-1098-2023-3-126-132
 9. Antonova A, Kazennova E, Lebedev A, et al. Recombinant forms of HIV-1 in the last decade of the epidemic in the Russian Federation. *Viruses.* 2023;15(12):2312. doi: 10.3390/v15122312
 10. Kazennova EV, Antonova AA, Ozhmegova EN, et al. Genetic analysis of HIV-1 in the Altai Kray: The further spread of the CRF63_02A1 variant in Western Siberia. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2020;12(1):47-57. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2020-12-1-47-57
 11. Kotova VO, Balakhontseva LA, Bazykina EA, Trotsenko OE. Circulating recombinant forms of HIV-1 in constituent entities of the Far Eastern Federal District. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii.* 2021;40(4):79-87. (In Russ.)
 12. Kotova VO, Trotsenko OE, Balakhontseva LA, et al. Molecular-epidemiological characteristics of HIV-1 variants circulating in the Jewish Autonomous Region territory. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2018;10(4):90-99. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2018-10-4-90-99
 13. Tamura K, Stecher G, Kumar S. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Mol Biol Evol.* 2021;38(7):3022-3027. doi: 10.1093/molbev/msab120
 14. Zyryanova DP, Bogacheva NV, Totmenin AV, Gashnikova NM. HIV-1 CRF63_02A6 models as a tool for evaluating efficacy of developing antiretroviral drugs. *Infektsiya i Immunitet.* 2020;10(4):769-774. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-MHC-1261
 15. Sivay MV, Maksimenko LV, Osipova IP, et al. Spatiotemporal dynamics of HIV-1 CRF63_02A6 sub-epidemic. *Front Microbiol.* 2022;13:946787. doi: 10.3389/fmicb.2022.946787
 16. Kuznetsova AI. The role of HIV-1 polymorphism in the pathogenesis of the disease. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii.* 2023;15(3):26-37. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2023-15-3-26-37
 17. Ozhmegova EN, Kuznetsova AI, Lebedev AV, et al. Efficacy of first-line ART regimens based on tenofovir in HIV-infected patients with pre-existing A62V mutation in reverse transcriptase. *Voprosy Virusologii.* 2024;69(3):231-240. (In Russ.) doi: 10.36233/0507-4088-232
 18. Shchemelev AN, Semenov AV, Ostankova YuV, et al. Genetic diversity and drug resistance mutations of HIV-1 in Leningrad Region. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2022;99(1):28-37. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-216
 19. Kirichenko AA, Kireev DE, Sidorina YuN, Abashina ND, Brusentseva EE, Akimkin VG. The pilot study of the features of HIV-1 resistant variants spread using molecular clusters. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2024;101(5):581-593. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-565
 20. Parfenova OV, Peksheva OYu, Zaitseva NN. Spread of mutations of resistance and HIV-1 subtypes as an indicator of dynamics of HIV epidemic in the Volga Federal District in 2016–2018. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;8(317):50-56. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-317-8-50-55
 21. Ostankova YuV, Schemelev AN, Zueva EV, Churina MA, Valutite DE, Semenov AV. HIV molecular epidemiology and pharmaco-resistance in patients with antiretroviral therapy failure in Arkhangelsk district. *VICH-Infektsiya i Immunosupressiya.* 2019;11(4):79-90. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2019-11-4-79-90
 22. Pitserskiy MV, Gusev AG, Khodakov OA, et al. HIV-1 subtype diversity, phylogenetic analysis and study of drug resistance in strains circulating in the Ural Federal District. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2022;99(1):38-53. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-178
 23. Kapustin DV, Krasnova EI, Khalikov MR, et al. Analysis of the prevalence of HIV-1 primary resistance to antiretroviral medicinal agents in Novosibirsk region. *Terapiya.* 2022;8(3):35-41. (In Russ.) doi: 10.18565/therapy.2022.3.35-41
 24. Kirichenko A, Kireev D, Lopatukhin A, et al. Prevalence of HIV-1 drug resistance in Eastern European and Central Asian countries. *PLoS One.* 2022;17(1):e0257731. doi: 10.1371/journal.pone.0257731
 25. Leal SDV, Pimentel V, Gonçalves P, et al. Genetic diversity and antiretroviral resistance in HIV-1-infected patients newly diagnosed in Cabo Verde. *Viruses.* 2024;16(12):1953. doi: 10.3390/v16121953

Сведения об авторах:

✉ **Котова** Валерия Олеговна – старший научный сотрудник, заведующая лабораторией эпидемиологии и профилактики вирусных гепатитов и СПИДа ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: kotova.valeriya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9824-7025>.

Базыкина Елена Анатольевна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики вирусных гепатитов и СПИДа ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: dvaids@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5695-6752>.

Балахонцева Людмила Анатольевна – руководитель Дальневосточного окружного Центра по профилактике и борьбе со СПИД ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: dvaids@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3209-7623>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-83-93>
Original Research Article

Троценко Ольга Евгеньевна – д.м.н., директор ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; e-mail: adm@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

Семенова Елена Викторовна – биолог КДЛ ГБУЗ «Магаданский областной диспансер фтизиатрии и инфекционных заболеваний», e-mail: lien3003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9504-2832>.

Вахнина Лариса Николаевна – заведующая лаборатории ГБУЗ «Магаданский областной диспансер фтизиатрии и инфекционных заболеваний», e-mail: spidlab@49gov.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3786-3372>.

Журавкова Ольга Леонидовна – заведующая ОЛК ЦПБС ГБУЗ «Магаданский областной диспансер фтизиатрии и инфекционных заболеваний», e-mail: olgal.zhuravkova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9694-4826>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Котова В.О.*; сбор данных: *Семенова Е.В., Вахнина Л.Н., Журавкова О.Л.*; проведение молекулярно-генетических исследований: *Котова В.О., Балахонцева Л.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Котова В.О., Балахонцева Л.А., Базыкина Е.А., Троценко О.Е.*; подготовка текста рукописи: *Котова В.О., Троценко О.Е.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено решением Комитета по этике ФБУН «Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора (протокол № 10 от 25.10.2023).

Финансирование: работа выполнена в рамках НИР «Комплексный подход к совершенствованию системы эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией (в том числе в сочетании с другими социально значимыми инфекциями) в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации на основе молекулярно-генетических методов исследования» (Рег. № 121052600116-1).

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

Статья получена: 11.09.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ Valeriya O. **Kotova**, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Epidemiology and Prevention of Viral Hepatitis and AIDS, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: kotova.valeriya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9824-7025>.

Elena A. **Bazykina**, Junior Researcher, Laboratory of Epidemiology and Prevention of Viral Hepatitis and AIDS, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: dvoids@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5695-6752>.

Lyudmila A. **Balakhontseva**, Head of the Far Eastern Regional Center for AIDS Control and Prevention, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: dvoids@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3209-7623>.

Olga E. **Trotsenko**, Dr. Sci. (Med.), Director, Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: adm@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

Elena V. **Semenova**, Biologist, Clinical Diagnostic Laboratory, Magadan Regional Dispensary of Phthisiology and Infectious Diseases; e-mail: lien3003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9504-2832>.

Larisa N. **Vakhnina**, Head of the Laboratory, Magadan Regional Dispensary of Phthisiology and Infectious Diseases; e-mail: spidlab@49gov.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3786-3372>.

Olga L. **Zhuravkova**, Head of the Medical Advisory Department, Magadan Regional Dispensary of Phthisiology and Infectious Diseases; e-mail: olgal.zhuravkova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9694-4826>.

Author contributions: study conception and design: *Kotova V.O.*; data collection: *Semenova E.V., Vakhnina L.N., Zhuravkova O.L.*; molecular genetics testing: *Kotova V.O., Balakhontseva L.A.*; analysis and interpretation of results: *Kotova V.O., Balakhontseva L.A., Bazykina E.A., Trotsenko O.E.*; draft manuscript preparation: *Kotova V.O., Trotsenko O.E.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was provided by the Ethics Committee of the Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology (protocol No. 10 of October 25, 2023).

Funding: The study was conducted within the framework of the research “An integrated approach to improving the system of epidemiological surveillance of HIV infection (including in combination with other socially significant infections) in the Far Eastern Federal District of the Russian Federation based on molecular genetics testing” (Registration No. 121052600116-1).

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

Received: September 11, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025



Методические подходы к конструированию документируемой области аккредитации испытательных лабораторий паразитологического профиля

К.Ю. Кузнецова¹, Л.В. Аляутдина², В.Н. Герасимов³, С.А. Петрова¹, В.В. Мальцев¹

¹ ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации, ул. Тимошенко Маршала, д. 23, г. Москва, 121359, Российская Федерация

² ООО «Главный контрольно-испытательный центр питьевой воды», офис 405А, 4-й этаж, 3-й офисный подъезд, корпус А, Бизнес-Парк Румянцев, г. Москва, 108812, Российская Федерация

³ ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора, Территория «Квартал А», д. 24, Московская обл., г.о. Серпухов, п. Оболенск, 142279, Российская Федерация

Резюме

Введение. Сравнительный опыт в развитии менеджмента качества управлением организаций в отдельных странах создает познавательный ресурс для заимствования наиболее удачных проектов и понимания получаемых эффектов.

Цель исследования: представить методические подходы к конструированию правоприменительной основы области аккредитации испытательной лаборатории паразитологического профиля в зависимости от ресурсного обеспечения.

Материалы и методы. Проведен сравнительно-правовой анализ правоприменения утвержденных методических указаний Росаккредитации для формирования паразитологического раздела области аккредитации. Всего проанализированы 21 нормативный акт, 7 инструкций и методических указаний. Применялся методический подход к конструированию основных элементов области аккредитации лабораторий паразитологического профиля при нормативном регулировании паразитологических испытаний / исследований объектов одновременно двумя и более разноуровневыми нормативными документами с разъяснениями.

Результаты исследований. Показаны подходы к документируемому оформлению области аккредитации при разных уровнях действующих регуляторных актов. При документировании области аккредитации лабораторий паразитологического профиля, объекты которых регламентированы двумя и более нормативно-правовыми документами, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1) в область аккредитации включают все документы исходя из практического подхода к готовности испытательной лаборатории для выполнения разных целевых задач;

2) методическое сопровождение по реализации задач исследования должно соответствовать всем параметрам ресурсной доступности для оценки соответствия качества процедурных и организационно-управленческих решений при проведении испытаний.

Показаны основные принципы правоприменения утвержденных методических указаний Росаккредитации (2019) по описанию области аккредитации паразитологических испытаний/исследований объектов, оценка соответствия которых регулируется одновременно двумя и более нормативно-правовыми актами – Техническими регламентами Таможенного союза, ГОСТ, санитарными правилами – и в зависимости от ресурсного обеспечения является правом выбора испытательной лаборатории.

Заключение. Предложенный подход к построению конструктивных элементов области аккредитации и разъяснения к нему, по мнению авторов, должны способствовать повышению профессиональной подготовки профильных специалистов к выполнению задач аккредитации.

Ключевые слова: область аккредитации, паразитологические исследования/испытания, документируемые процедуры.

Для цитирования: Кузнецова К.Ю., Аляутдина Л.В., Герасимов В.Н., Петрова С.А., Мальцев В.В. Методические подходы к конструированию документируемой области аккредитации испытательных лабораторий паразитологического профиля // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 94–102. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-94-102

Methodological Approaches to Creating a Documented Scope of Accreditation for Parasitology Laboratories

Kamalya Y. Kuznetsova,¹ Lyudmila V. Alyautdina,² Vladimir N. Gerasimov,³ Svetlana A. Petrova,¹ Vadim V. Maltsev¹

¹ Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation, 23 Marshal Timoshenko Street, Moscow, 121359, Russian Federation

² Main Drinking Water Control and Testing Center, Office 405A, Entrance 3, Building A, Rumyantsevo Business Park, Moscow, 108812, Russian Federation

³ State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology, 24 "Quarter A" Territory, Obolensk Settlement, Serpukhov City District, Moscow Region, 142279, Russian Federation

Summary

Introduction: The experience of individual countries in developing quality management systems provides a valuable resource for borrowing the most successful projects and understanding the resulting effects.

Objective: To present methodological approaches to developing a law enforcement framework for the scope of accreditation of a parasitology laboratory given the resource availability.

Materials and Methods: We conducted a comparative legal analysis of enforcement of the approved Rosaccreditation guidelines for elaborating the parasitology section of the scope of accreditation based on 21 regulations, seven instructions and guidelines. A methodological approach was used to create the key elements of the scope of accreditation for parasitology laboratories, taking into account regulation of its facilities by two or more different-level documents with explanations.

Results: The article describes the approaches to documenting the scope of accreditation under different levels of current regulations. When documenting the scope for parasitology laboratories, the facilities of which are regulated by two or more legal documents, the following recommendations must be implemented:

1) The scope of accreditation should include all documents based on a practical approach to the readiness of the testing laboratory to perform various target tasks; and

2) Methodological support for testing should meet all resource availability parameters for assessing the quality of procedural, organizational, and managerial solutions during testing.

The article also describes the main principles of enforcement of the guidelines issued by the Russian Federal Accreditation Service in 2019 for describing the scope of accreditation of parasitology laboratories, the conformity assessment of which is regulated by two or more legal acts simultaneously, e.g. Technical Regulations of the Customs Union, state standards and/or sanitary rules, and can be chosen by the testing laboratory depending on the resources.

Conclusion: The proposed approach to creating structural elements of the scope of accreditation and explanations to it may contribute to improving training of specialists for accreditation tasks.

Keywords: scope of accreditation, parasitology testing, documented procedures.

Cite as: Kuznetsova KY, Alyautdina LV, Gerasimov VN, Petrova SA, Maltsev VV. Methodological approaches to creating a documented scope of accreditation for parasitology laboratories. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):94–102. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-94-102

Введение. Тенденции к управлению качеством и развитию системы менеджмента качества, и эффективному управлению организацией в разных странах имели разные предпосылки, но были обоснованы необходимостью технического, экономического и правового регулирования качества в целях достижения высокого рейтинга в конкурентной среде. Они охватывали разные стороны производственной деятельности, но в основу были заложены ориентация на потребителя, процессный подход, постоянное улучшение и обеспечение взаимовыгодных отношений с заявителями услуг.

В этом контексте сравнительный опыт отдельных стран в развитии менеджмента качества управления организацией создает познавательный ресурс для заимствования наиболее удачных проектов и понимания получаемых эффектов.

Достижение высокого качества продукции стало ключевым в экономической политике и возведено в национальный статус Японии и на международном уровне, которая считается родоначальником стандартизации качества услуг и продукции. Были разработаны основополагающие принципы механизмов стабилизации внутриорганизационных процессов: наиболее выдающимися являлись недопущение предыдущих ошибок, недопустимость изменений технологического процесса без официально разработанного документа [1–4].

Для достижения высокой конкурентоспособности предприятий в Китайской Народной Республике (КНР) начиная с 70-х годов прошлого столетия основные направления повышения качества базировались на научном управлении качеством, включающем ужесточение нормативных требований и контроля за производством [5–8].

Принцип обеспечения качества в Германии построен на контроле производства качественной продукции, а не выполненной/законченной работы, что позволяет выявить и устранить факторы появления дефектов продукции на процессных этапах [9–11].

Страновые достижения управления качеством организации в разных областях экономики выражены в мировом признании и узнаваемости их продукции и услуг, а разработанная система взаимодействия с запросом потребителей продолжает поддерживать эмоциональную связь с гарантированной надежно-

стью и долгосрочным их доверием на протяжении многих поколений.

В Российской Федерации в 2011 г. была создана Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация)^{1,2}. На переходном этапе процесс управления качеством, в том числе в организации лабораторной деятельности учреждений, был направлен на усиление экономической базы производственной сферы и за короткий период претерпел сложные приемы освоения нормотворческих и технологических процедур. В условиях капитализации производственных отношений были важными адаптация и направление коллективных усилий на достижение краткосрочного успеха и его перспективное развитие в рамках реализации государственных задач о внедрении прорывных технологий и выходе российской экономики на мировой уровень. По данным А.А. Ардышева (2016), более 4500 организаций к 2016 г. завершили эту процедуру с положительным результатом, причем подавляющее большинство – без серьезных осложнений в ходе оказания государственной услуги, и не смогла подтвердить свое соответствие новым требованиям 51 организация [12].

Сложность программного обеспечения поставленных целей заключалась в сокращении сроков для обучения и формирования штатных менеджеров контроля качества, исполнительного ядра с учетом многообразных форм деятельности лабораторной службы. Новизна введенных процедур и системы контроля качества заключалась в прямом заимствовании регулирующих зарубежных стандартов и волевым внедрении в деятельность учреждений/организаций, что способствовало механистическому их применению.

В настоящей работе авторы постарались обобщить требования к структурированию ОА согласно регламентам нормативной документации. Представлен систематизированный подход к формированию отдельных позиций в области аккредитации ИЛЦ для лабораторий / подразделений паразитологического профиля.

Цель исследования. Представить методические подходы к конструированию правоприменительной основы области аккредитации в зависимости от ресурсного обеспечения испытательной лаборатории паразитологического профиля.

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 17.10.2011 № 845 «О Федеральной службе по аккредитации».

² Федеральный закон от 28.12.2013 № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».

Материалы и методы. Проведен сравнительно-правовой анализ правоприменения пунктов методических рекомендаций по описанию области аккредитации (МР) в редакциях от 2019 г.³ В ходе исследования мы изучили 21 нормативный акт, 12 инструкций и методических указаний, касающихся области аккредитации паразитологического профиля. Учитывая, что становление внутренней структуры и логической последовательности взаимосвязанных правовых элементов исследуемой области характеризовалось длительным периодом изменяющихся условий нормативно-правового сопровождения, показаны подходы к документированному оформлению ОА при разных уровнях действующих регуляторных актов. Применялся методический прием с разъяснениями к порядку составления ОА при выполнении исследований / испытаний. Предложен порядок соотнесения нормативно-методического применения ОА при нормировании определяемых показателей двумя разноуровневыми документами – техническими регламентами таможенного союза (ТР ТС) и санитарными правилами (СанПиН) с разъяснениями по оформлению ОА и формированию заключения. Для доказательности взаимосвязей элементов формы ОА материал представлен с перестановкой утвержденной последовательности по графам: наименование объекта – КОД ОКПД 2 – КОД ТН ВЭД ЕАЭС; определяемый показатель; диапазон определения; документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний) и измерений; примечания.

Результаты исследования. Форма «Область аккредитации испытательной лаборатории (ГОСТ ISO/IES 17025-2019)» является одним из документов, содержащим ссылку на нормативно-правовое регулирование совокупности требований к заявленным видам работ по оценке соответствия. Оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту и соответствующих критериям аккредитации, на основе которой осуществляется деятельность аккредитованного лица.

В связи с этим правильная трактовка отдельных пунктов МР является важной процедурой документирования заявленной области деятельности.

В п. 4 МР изложены общие требования к оформлению документа, в п.п. 4.4–4.5 порядок заполнения

области аккредитации в соответствии с утвержденными формами согласно заявлению, п.п. 4.6–4.10 – порядок оформления «Области аккредитации ИЛЦ» на бумажном носителе, п.п. 5–11 – требования к заполнению граф в форме области аккредитации.

Ниже приведены образцы заполнения ОА по видам испытательных образцов.

1. Наименование объекта:

Рыба переработанная и консервированная, ракообразные и моллюски

КОД ОКПД 2 – 10.20

КОД ТН ВЭД ЕАЭС – 0302;0303;0304;0305;0306;007;0301;0308

Определяемая характеристика (показатель):

Живые личинки, опасные для здоровья человека (нематод, скребней, трематод, цестод)

Диапазон определения: обнаружено / не обнаружено

Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний) и измерений:

– Национальный стандарт Республики Казахстан СТ РК 2779-15 «Продукты пищевые. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки»^{4*};

– Инструкция 4.2.10-21-25-2006 МЗ РБ «Паразитологический контроль качества рыбы и рыбной продукции»^{5*};

– ГОСТ 34812-2021. Продукция рыбная пищевая. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов^{6**};

– Методические указания МУК 3.2.3804-22 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки»^{7***} (введены в действие 02.12.2022).

– Методические указания МУ 3.2.2601-10 «Профилактика описторхоза» Приложение 2. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы^{8***} (введены в действие 21.05.2010).

Примечание:

1) Определяемые показатели установлены Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016)⁹: Приложение № 3. Паразитологические показатели безопасности рыбы, ракообразных, моллюсков и продуктов их переработки,

³ Приказ Росаккредитации от 25.01.2019 № 11 (в редакции приказа Росаккредитации от 21.03.2019 № 50) «Об утверждении Методических рекомендаций по описанию области аккредитации испытательной лаборатории (центра)».

⁴ Национальный стандарт Республики Казахстан СТ РК 2779 -15 «Продукты пищевые. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» (введены в действие 30.11.2015).

⁵ Инструкция 4.2.10-21-25-2006 «Паразитологический контроль качества рыбы и рыбной продукции» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Минздрава Республики Беларусь М.И. Римжа от 25.10.2006 № 128; введены в действие 30.11.2006).

⁶ ГОСТ 34812-2021. Продукция рыбная пищевая. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов.

⁷ Методические указания МУК 3.2.3804-22 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» (утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 02.12.2022).

⁸ Методические указания МУ 3.2.2601-10 «Профилактика описторхоза». Приложение 2. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы» (утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 02.12.2022, введены в действие 21.05.2010).

⁹ Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 № 162).

ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»¹⁰; Приложение № 6. Паразитологические показатели безопасности рыбы, ракообразных, моллюсков, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки»; СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»¹¹.

2) Определяемый показатель «Живые личинки, опасные для здоровья человека (нематод, скребней, трематод, цестод)» является образцом сокращенной версии. Расширенный показатель в соответствии с ТР ТС и ГОСТ включает полную характеристику определяемого показателя по виду рыбы – пресноводная, морская, проходная. Например: «Пресноводные ракообразные, моллюски морские и продукты их переработки трематоды: парагонимусы; цестоды: спирометры; нематоды: анизакисы, контрацекумы, псевдотерраны, диоктофимы, гнатостомы, суль-каскарисы, эхиноцефалусы».

3) Инструкция 4.2.10-21-25-2006 МЗ РБ «Паразитологический контроль качества рыбы и рыбной продукции» применяется во исполнение ТР ТС до разработки соответствующего межгосударственного стандарта и внесения его в перечень стандартов.

4) Отменен с 01.12.2022 ГОСТ Р 54378–2011 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов»¹².

Взамен введено в действие: ГОСТ 34812–2021 «Продукция рыбная пищевая. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов» (принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 24 декабря 2021 г. № 146-П)).

* Применяют только для выполнения исследований на соответствие ТР ЕАЭС 040/2016 согласно «Перечню международных и региональных (межгосударственных) стандартов», а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Евразийского экономического союза и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (утвержден Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 19.07.2022 № 107).

**Применяют для выполнения исследований на соответствие ТР ЕАЭС 040/2016 и СанПиН 3.3686–21.

***Применяют для выполнения исследований на соответствие СанПиН 3.3686–21.

Предложенный алгоритм действий соответствует установленным в исследованиях (Глебова Е.В.

и соавт., 2015) научно-практическим основам формирования ОА ИЛЦ в системе мониторинга качества и безопасности рыбной продукции [13].

2. Наименование объекта:

Мясо и мясопродукты: мясо крупного рогатого скота, свинина, баранина, козлятина, конина и мясо прочих животных семейства лошадиных, оленина и мясо прочих животных семейства оленевых (оленьих) парные, остывшие или охлажденные; мясо и пищевые субпродукты замороженные, в том числе для детского питания; продукты из шпика

КОД ОКПД 2 – 10.11.1;10.11.3;10.13. 15.160

КОД ТН ВЭД ЕАЭС – 0302;0303;0304;0305;0306;007;0301;0308

Определяемая характеристика (показатель): личинки трихинелл, финны (цистицерки)

Диапазон определения: обнаружено / не обнаружено

Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний) и измерений:

– Методические указания МУК 4.2.2747–10 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции»¹³.

Примечание:

1) Решением Совета ЕЭК от 08.08.2019 № 115¹⁴ отменено «Приложение 5 ТР ТС 021/2011. Требования к не переработанному продовольственному (пищевому) сырью животного происхождения».

2) Определяемые показатели установлены СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней».

3) МУК 4.2.2747–10 применяется в очагах вспышечной и групповой заболеваемости по эпидемиологическим показаниям.

4) Определяемый показатель «Личинки трихинелл» является прерогативной характеристикой паразитологического исследования в рамках осуществления санитарно-эпидемиологической работы в очагах с вовлечением заболевших трихинеллезом среди населения. Определяемые показатели «Личинки трихинелл, финны (цистицерки)» применимы для лабораторий санитарно-ветеринарной экспертизы.

5) Оформление результатов осуществляется в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011, гл. 2 п. 11) в части ветеринарно-санитарной экспертизы продуктов убоя (в том числе продуктов убоя для детского питания).

3. Наименование объекта:

Овощи. Зелень. Соки и соковая продукция из фруктов и овощей (СанПиН 3.3686–21)

Свежие и свежемороженые зелень столовая, овощи, фрукты и ягоды. Свежеотжатые соки (ТР ТС 021/2011)

КОД ОКПД 2 – 10.2

КОД ТН ВЭД ЕАЭС – 0706,0709, 2009

¹⁰ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (принят решением Комиссии Таможенного союза от 9.12.2011 № 880).

¹¹ Постановление от 28.01.2021 № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»» (с изменениями на 25.05.2022).

¹² ГОСТ Р 54378–2011 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения жизнеспособности личинок гельминтов».

¹³ Методические указания МУК 4.2.2747–10 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции» (утверждены Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 11.10.2010).

¹⁴ Решение Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 08.08.2019 № 115 «О внесении изменений в технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Определяемая характеристика (показатель):

Яйца гельминтов и цисты (ооцисты) патогенных кишечных простейших (СанПиН 3.3686–21)

Яйца гельминтов, цисты патогенных кишечных простейших (ТР ТС 021/2011)

Диапазон определения: обнаружено / не обнаружено

Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний) и измерений:

– МУК 4.2.3016–12 «Санитарно-паразитологические исследования плодоовощной, плодово-ягодной и растительной продукции»^{15*};

– Инструкция №37-0305 МЗ РБ 12.04.2005 «Экспресс-методы индикации возбудителей паразитарных болезней в плодоовощной продукции»^{16**}.

Примечание:

1) Определяемые показатели установлены ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (глава 2 п. 11) и СанПин 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней».

2) МУК 4.2.3016–12 применяется для оценки соответствия нормативам до введения соответствующих межгосударственных стандартов в перечень стандартов.

3) Инструкция № 37-0305 МЗ РБ 12.04.2005 применяется до введения соответствующих межгосударственных стандартов в перечень стандартов.

*Применяют только для выполнения исследований на соответствие ТР ТС 021/2011 в соответствии с Решением Коллегии ЕЭК от 24.12.2019 № 236¹⁷.

**Применяют для выполнения исследований на соответствие ТР ТС 021/2011 и СанПиН 3.3686–21.

4. Наименование объекта:

Питьевая вода, расфасованная в емкости (СанПиН 2.1.4.1116–02)¹⁸

Вода упакованная питьевая, включая природную минеральную воду (ТР ЕАЭС 044/2017)¹⁹ с дополнениями²⁰

КОД ОКПД 2 – 36.0

КОД ТН ВЭД ЕАЭС – 22019,22011

Определяемая характеристика (показатель):

Яйца гельминтов, цисты лямблий, ооцисты криптоспориций (СанПиН 2.1.4.1116–02)

Яйца гельминтов, цисты патогенных кишечных простейших (ТР ЕАЭС 044/2017)

Диапазон определения: обнаружено / не обнаружено

Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний) и измерений:

– МУК 4.2.2314–08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды» (п. 5.1.3)^{21*};

– ГОСТ ISO 15553–2017 «Качество воды. Выделение из воды и идентификация ооцист криптоспориций и цист лямблий»^{22**};

– СТ РК 2782–2015 «Вода. Методы санитарно-паразитологического анализа»²³ (Метод последовательной фильтрации через систему прозрачных аналитических трековых мембран (АТМ))^{**};

– Инструкция «Исследование воды на наличие ооцист криптоспориций, цист лямблий, яиц гельминтов на основе адсорбции»^{24**}.

Примечания:

1) МУК 4.2.2314–08 применяется для оценки соответствия нормативам до введения соответствующих межгосударственных стандартов в перечень стандартов.

2) Инструкция № 108-1207 МЗ РБ 21.01.2008 применяется до введения соответствующих межгосударственных стандартов в перечень стандартов.

* Применяют для выполнения исследований на соответствие ТР ТС 044/2017 и СанПиН 2.1.4.1116–02.

**Применяют только для выполнения исследований на соответствие ТР ТС 044/2017 в соответствии с «Перечнем стандартов, содержащих правила и методы исследований и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента ЕЭС (ТР ЕАЭС 044/2017) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая минеральную воду»» и Списка изменяющих документов²⁵.

Таким образом, принцип оформления ОА паразитологических исследований / испытаний заключается в строгом соответствии графе «Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний), измерений, в том числе правила отбора

¹⁵ Методические указания МУК 4.2.3016–12 «Санитарно-паразитологические исследования плодоовощной, плодово-ягодной и растительной продукции» (утверждены и введены в действие Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Г.Г. Онищенко 12.05.2012).

¹⁶ Инструкция «Экспресс-методы индикации возбудителей паразитарных болезней в плодоовощной продукции» (утверждена Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь М.И. Римжа от 12.04.2005 № 37-0305).

¹⁷ Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24.12.2019 № 236 Перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов для соблюдения требований технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

¹⁸ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19.03.2002 № 12 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1116–02» (с изменениями и дополнениями).

¹⁹ Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

²⁰ Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 1.06.2021 № 60 «О внесении изменений в Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 5.12.2017 № 164».

²¹ Методические указания МУК 4.2.2314–08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды» (утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Г.Г. Онищенко 18.01.2008).

²² ГОСТ ISO 15553–2017 «Качество воды. Выделение из воды и идентификация ооцист криптоспориций и цист лямблий».

²³ СТ РК 2782–2015. «Вода. Методы санитарно-паразитологического анализа».

²⁴ Инструкция «Исследование воды на наличие ооцист криптоспориций, цист лямблий, яиц гельминтов на основе адсорбции» (утверждено Заместителем министра здравоохранения Республики Беларусь, главным государственным санитарным врачом М.И. Римжа по применению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.01.2008 № 108-1207).

²⁵ Список изменяющих документов (в ред. Решений Коллегии ЕЭК от 08.10.2019 № 169, от 16.06.2020 № 76, от 01.06.2021 № 60).

проб» строки «Определяемая характеристика (показатель)».

Обсуждение. Подготовка испытательной лаборатории к проведению процедуры аккредитации подразумевает выполнение ряда обязательных работ, направленных на достижение соответствия испытательной лаборатории установленным критериям аккредитации [14, 15] в рамках упорядочивания деятельности органов аккредитации в области единства измерений, контроля за деятельностью аккредитованных лиц, ведению реестров аккредитованных лиц, деклараций о соответствии, сертификатов соответствия, об обеспечении органов по сертификации программными технологиями и выдаче бланков сертификатов соответствия [16]. В научной литературе встречаются различные определения; согласно одному из них, «под государственной услугой подразумевается выдача документов, как правило, связанная с лицензированием, сертификацией, регистрацией, оформлением права собственности и т. д.» [17–20].

Основные проблемы нормативного сопровождения в российской национальной системе аккредитации на подготовительном этапе были связаны с неразработанностью конкретных требований к аккредитуемым лицам – органам по сертификации и испытательным лабораториям, которые предопределяли субъективный подход к аккредитации, а также проведение аккредитации экспертными организациями разной ведомственной подчиненности. Такая ситуация не способствовала созданию единого реестра организаций, прошедших аккредитацию (единого реестра аккредитованных лиц), и контроля за их деятельностью [21–26].

Вместе с тем, на определенном этапе развития процесс управления качеством организации зависит не только от построения внутриорганизационной системы объективной оценки соответствия. Усиление международной конкуренции способствовало созданию национальных независимых органов аккредитации по оценке соответствия процедур управления качеством и достижения соответствия в отдельных областях экономики.

Учитывая, что процесс аккредитации в разных странах имеет отличительные особенности, связанные с национальными законодательными механизмами регулирования отрасли, на определенном историческом этапе были сформированы международные системы аккредитации самих национальных органов аккредитации, что в правовом отношении позволило выровнять/стандартизировать требования к процессу управления качеством в единой системе оценки соответствия.

Основополагающим документом деятельности испытательных лабораторий в системе аккредита-

ции, устанавливающим требования и регулирующим соответствие системы управления качеством, является межгосударственный стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025:2005²⁶ со ссылочными положениями на перечень других НД.

Так, согласно межгосударственной стандартизации ГОСТ 1.0²⁷ и ГОСТ 1.2²⁸ цели, основные принципы и общие правила проведения лабораторных работ определены с использованием перечня нормативно-правовых и нормативно-методических документов разных уровней законодательных актов, согласование между которыми требует тщательного выбора и соответствия целям ИЛЦ. Достижение долгосрочного успеха путем максимального удовлетворения запросов потребителя и общества развивается в рамках реализации установленных требований и правил, которые «должны быть изложены максимально кратко, точно, в форме, не допускающей различные толкования, логически последовательными, необходимыми и достаточными для использования стандарта в соответствии с его областью применения» (п. 4.3.2 ГОСТ 1.2).

Исходя из этого, для каждого типа лабораторных подразделений существуют оптимальные механизмы процессных и организационно-управленческих технологий контроля качества для достижения соответствия единым критериям технической компетентности²⁹ в рамках заявленной деятельности, которая отражается в документированной области аккредитации. Согласно законодательному определению: «Областью аккредитации является – сфера деятельности юридического лица или индивидуального предпринимателя, на осуществление которой подано заявление и (или) которая определена при их аккредитации либо расширена, сокращена или актуализирована», а аккредитованное лицо выполняет работы и/или оказывает услуги по оценке соответствия (ст. 4 п. 9 ФЗ-412).

В соответствии с требованиями регламентного документа выбор методов к проведению исследований/испытаний и соблюдение терминологических определений и последовательности применения в графе «Определяемая характеристика (показатель)» должны строго и построчно соотноситься с утвержденными методическими документами «Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний), измерений, в том числе правила отбора проб». Оформление ОА находится в области ответственности аккредитованного лица и требует тщательной проработки ресурсных возможностей организации с заданием его перспективного развития. В примечаниях к каждой позиции области аккредитации даны разъяснения о порядке правоприменения указанных документов.

²⁶ ГОСТ ISO/IEC 17025:2005 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» (с изменениями в 2019 г.).

²⁷ ГОСТ 1.0-2016 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения». Дата введения 01.07.2016.

²⁸ ГОСТ 1.2-2020 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены». Дата введения 1.09.2020.

²⁹ Приказ Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» (взамен Приказа Минэкономразвития России от 30.05.2014 № 326 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации»).

Предложенный подход и акцентированные позиции в проведенной работе основаны на систематизации области аккредитации паразитологического раздела испытательных лабораторий, характеризующейся методическими различиями при выполнении задач аккредитации. В соответствии с требованиями регламентного документа выбор методов исследований/испытаний находится в области ответственности аккредитованного лица и требует тщательной проработки ресурсных возможностей организации в соответствии с выбранным типом (уровнем) нормативного документа и его методическим обеспечением. На практике правильное конструирование позволяет обосновать политику ИЛЦ при апелляционном рассмотрении спорных случаев.

При документировании ОА ИЛ паразитологического профиля, объекты которых регламентированы двумя и более нормативно-правовыми документами, необходимо придерживаться определенных рекомендаций.

1. В ОА включают оба документа исходя из практического подхода к готовности ИЛ для выполнения разных целевых задач.

2. Методическое сопровождение по реализации задач исследования должно соответствовать всем параметрам ресурсной доступности для оценки соответствия качества процедурных и организационно-управленческих решений при проведении испытаний. Такой подход включает проработку и включение всего перечня методов исследований/испытаний как обязательную политику перспективного развития компетенций лабораторной службы и направлен на усиление ее конкурентоспособности.

Закключение. Показаны основные принципы правоприменения утвержденных методических указаний Росаккредитации (2019) по описанию области аккредитации объектов паразитологических исследований / испытаний, оценка соответствия которых регулируется одновременно ТР ТС, ГОСТ и СанПиН. На примере объектов испытаний мясной, рыбной и сельскохозяйственной продукции и упакованной воды предложен порядок документирования области аккредитации, соответствующей правореализации компетентности испытательных лабораторий паразитологического профиля. Предложенный подход к построению конструктивных элементов области аккредитации и разъяснения к нему, по мнению авторов, должен способствовать повышению профессиональной подготовленности профильных специалистов к выполнению задач аккредитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манукян Г.А. Зарубежный опыт управления качеством // Теория и практика современной науки. 2022. № 4 (82). С. 128-131.
2. Okawa Y, Yamashita H, Masuyama S, Fukazawa Y, Wakayama I. Quality assessment of Japanese clinical practice guidelines including recommendations for acupuncture. *Integr Med Res*. 2022;11(3):100838. doi: 10.1016/j.imr.2022.100838
3. Parija SC. From the desk of editor-in-chief: Ensuring quality assurance in parasitology laboratories. *Trop Parasitol*. 2025;15(2):69-70. doi: 10.4103/tp.tp_81_25
4. Cools P, van Lieshout L, Koelewijn R, et al. First international external quality assessment scheme of nucleic acid amplification tests for the detection of *Schistosoma* and soil-transmitted helminths, including *Strongyloides*: A pilot study. *PLoS Negl Trop Dis*. 2020;14(6):e0008231. doi: 10.1371/journal.pntd.0008231
5. Xia J, Ning X, Jiang L, et al. Visual analysis of quality management in Chinese drug clinical trials based on CiteSpace and COOC. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1600915. doi: 10.3389/fmed.2025.1600915
6. Zhang J, Tang S, Sun P. From command-control to lifecycle regulation: Balancing innovation and safety in China's pharmaceutical legislation. *Healthcare (Basel)*. 2025;13(6):588. doi: 10.3390/healthcare13060588
7. Cao S, Liang W, Liang C, et al. Impact of China Guidelines for Pharmacoeconomic Evaluations on study quality: A systematic review of economic evaluations in China. *Health Econ Rev*. 2025;15(1):53. doi: 10.1186/s13561-025-00650-7
8. Yi K, Qian K, Du X, Zhang M. Application of Sigma metrics for the optimization of quality control program in the clinical chemistry laboratory. *Clin Lab*. 2025;71(8):241039. doi: 10.7754/Clin.Lab.2025.241039
9. von der Leyen H, Delgado J, Mazouz C, Schmitt M, Caplan V. Implementation of a quality management system for decentralized manufacturing of cell and gene therapy products – technical and regulatory considerations. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1591751. doi: 10.3389/fmed.2025.1591751
10. Kropp M, Harmening N, Bascuas T, et al. GMP-grade manufacturing and quality control of a non-virally engineered advanced therapy medicinal product for personalized treatment of age-related macular degeneration. *Biomedicines*. 2022;10(11):2777. doi: 10.3390/biomedicines10112777
11. Giannoli JM, Vassault A, Carobene A, et al.; International Federation of Clinical Chemistry; Laboratory Medicine Task Force on Global Lab Quality TF-GLQ. Ensuring internal quality control practices in medical laboratories: IFCC recommendations for practical applications based on ISO 15189:2022. *Clin Chim Acta*. 2025;571:120240. doi: 10.1016/j.cca.2025.120240
12. Ардышева А.А. Анализ реформирования системы аккредитации и стандартизации в соответствии с международными требованиями // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 2. С. 134-135.
13. Глебова Е.В., Докучаева А.В., Кузнецова О.В., Торба А.С., Языков Р.О. Научно-практическим основам формирования области аккредитации испытательной лаборатории в системе мониторинга качества и безопасности рыбной продукции Дальнего Востока // Научные труды Дальрыбвтуза. 2015. № 34. С. 109-115.
14. Глебова Е.В., Докучаева А.В., Паначина В.С., Языков Р.О., Торба А.С. Идентификация процесса подготовки к аккредитации испытательной лаборатории // Технология и управление качеством пищевых продуктов. 2015. № 36. С. 113-119.
15. Тарасова Е.Ю., Петрова Е.И. Аккредитация как основной элемент обеспечения качества объектов и услуг // Электронный научно-методический журнал Омского ГМУ. 2016. № 3 (6). С. 17.
16. Ардышева А.А., Солдатова С.В. Роцедура проверки соответствия требованиям законодательства технического регулирования и аккредитации, испытательных лабораторий и органов по сертификации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2015. № 2 (11). С. 64-66.
17. Жильцов Е.Н., Егоров Е.В., Науменко Т.В. и др. Экономика и управление социальной сферой. Москва:

- Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2015. 496 с.
- Молчанов И.Н., Титова А.И. Информатизация как фактор повышения качества предоставления государственных услуг. Россия: тенденции и перспективы развития, 2017; (12-2):620-624.
 - Молчанов И.Н., Титова А.И. Совершенствование управления процессом оказания государственных услуг федеральной службой по аккредитации // Стратегии бизнеса. 2017. № 11. С. 25-29. doi: 10.17747/2311-7184-2017-11-25-29
 - Миркамил Г.О. Государственные услуги в России: понятие и виды // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. 2019. № 6 (58). С. 173-178. doi: 10.17803/2311-5998.2019.58.6.173-178
 - Казакова Н.Е. Проблемы профессионально-общественной аккредитации в России: комплексный анализ // Век качества. 2024. № 2. С. 270-278.
 - Коленникова О.А., Токсанбаева М.С. Проблемы системности институтов оценки квалификации медицинских специалистов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. № 30 (спецвыпуск). С. 1027-1032. doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-s1-1027-1032
 - Слепчук ЮВ, Горелова АВ. Актуальные вопросы реформирования системы аккредитации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. № 2 (13). С. 831-833.
 - Абрамовский П.Д. Немецкий опыт управления качеством. Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 08-10 октября 2020 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. С. 184-187.
 - Демиденко Г.Н., Медведев И.В., Сульман М.Г. Проблемы аккредитации органов по оценке соответствия // Бюллетень науки и практики, 2017. № 2 (15). С. 299-303.
 - Коленникова О.А., Токсанбаева М.С. Факторы дисфункции институтов оценки квалификации медицинских специалистов. Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 5. С. 467-476. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-5-467-476
 - Manukyan GA. Foreign experience in quality management. *Teoriya i Praktika Sovremennoy Nauki*. 2022;(4(82)):128-131. (In Russ.)
 - Okawa Y, Yamashita H, Masuyama S, Fukazawa Y, Wakayama I. Quality assessment of Japanese clinical practice guidelines including recommendations for acupuncture. *Integr Med Res*. 2022;11(3):100838. doi: 10.1016/j.imr.2022.100838
 - Parija SC. From the desk of editor-in-chief: Ensuring quality assurance in parasitology laboratories. *Trop Parasitol*. 2025;15(2):69-70. doi: 10.4103/tp.tp_81_25
 - Cools P, van Lieshout L, Koelewijn R, et al. First international external quality assessment scheme of nucleic acid amplification tests for the detection of *Schistosoma* and soil-transmitted helminths, including *Strongyloides*: A pilot study. *PLoS Negl Trop Dis*. 2020;14(6):e0008231. doi: 10.1371/journal.pntd.0008231
 - Xia J, Ning X, Jiang L, et al. Visual analysis of quality management in Chinese drug clinical trials based on CiteSpace and COOC. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1600915. doi: 10.3389/fmed.2025.1600915
 - Zhang J, Tang S, Sun P. From command-control to lifecycle regulation: Balancing innovation and safety in China's pharmaceutical legislation. *Healthcare (Basel)*. 2025;13(6):588. doi: 10.3390/healthcare13060588
 - Cao S, Liang W, Liang C, et al. Impact of China Guidelines for Pharmacoeconomic Evaluations on study quality: A systematic review of economic evaluations in China. *Health Econ Rev*. 2025;15(1):53. doi: 10.1186/s13561-025-00650-7
 - Yi K, Qian K, Du X, Zhang M. Application of Sigma metrics for the optimization of quality control program in the clinical chemistry laboratory. *Clin Lab*. 2025;71(8):241039. doi: 10.7754/Clin.Lab.2025.241039
 - von der Leyen H, Delgado J, Mazouz C, Schmitt M, Caplan V. Implementation of a quality management system for decentralized manufacturing of cell and gene therapy products – technical and regulatory considerations. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1591751. doi: 10.3389/fmed.2025.1591751
 - Kropp M, Harmening N, Bascuas T, et al. GMP-grade manufacturing and quality control of a non-virally engineered advanced therapy medicinal product for personalized treatment of age-related macular degeneration. *Biomedicines*. 2022;10(11):2777. doi: 10.3390/biomedicines10112777
 - Giannoli JM, Vassault A, Carobene A, et al.; International Federation of Clinical Chemistry; Laboratory Medicine Task Force on Global Lab Quality TF-GLQ. Ensuring internal quality control practices in medical laboratories: IFCC recommendations for practical applications based on ISO 15189:2022. *Clin Chim Acta*. 2025;571:120240. doi: 10.1016/j.cca.2025.120240
 - Ardysheva AA. Analysis of reforming accreditation and standardization in accordance with international requirements. *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2016;2(12):134-135. (In Russ.)
 - Glebova EV, Dokuchaeva AV, Kuznecova OV, Torba AS, Yazykov RO. Scientific-practical bases of forming field accreditation of testing laboratories in the monitoring system quality and safety of fish products the Far East. *Nauchnye Trudy Dal'rybvtuza*. 2015;34:109-115. (In Russ.)
 - Glebova EV, Dokuchaeva AV, Panachina VS, Yazykov RO, Torba AS. Process preparation for the accreditation testing laboratory. *Nauchnye Trudy Dal'rybvtuza*. 2015;36:113-119. (In Russ.)
 - Tarasova EYu, Petrova EI. Accreditation as a major element in ensuring the quality of facilities and services. *Elektronnyy Nauchno-Metodicheskiy Zhurnal Omskogo GAU*. 2016;(3(6)):17. (In Russ.)
 - Ardysheva AA, Soldatova SV, Zhirnova EA. The procedure for the verification of compliance with legal requirements of technical regulation and accreditation of testing laboratories and legal certification. *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2015;2(11):64-66. (In Russ.)
 - Zhiltzov EN, Egorov EV, Naumenko TV, et al. [Economics and Social Management: A Manual for Bachelors.] Moscow: Dashkov and Co.; 2015. (In Russ.)
 - Molchanov IN, Titova AI. [Informatization as a factor in improving the quality of public services delivery.] In: *Russia: Development Trends and Prospects: Conference Proceedings, Moscow, December 20-21, 2016*. Moscow: RAS Institute of Scientific Information on Social Sciences; 2017;(12-2):620-624. (In Russ.)
 - Molchanov IN, Titova AI. Improving the management of providing public services process by Federal Service for Accreditation. *Strategii Biznesa*. 2017;(11):25-29. (In Russ.) doi: 10.17747/2311-7184-2017-11-25-29
 - Alizade MQ. State services in Russia: Notion (concept) and types. *Vestnik Universiteta Imeni O.E. Kutafin (MGYuA)*. 2019;(6(58)):173-178. (In Russ.) doi: 10.17803/2311-5998.2019.58.6.173-178

REFERENCES

21. Kazakova NE. Problems of professional and public accreditation in Russia: Comprehensive analysis. *Vek Kachestva*. 2024;(2):270-278. (In Russ.)
22. Kolennikova OA, Toksanbaeva MS. Systemic problems of institutions for assessing the qualification of medical specialists. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2022;30(S):1027-1032. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-s1-1027-1032
23. Slepchuk YV, Gorelova AV. Actual issues of reforming the accreditation system. *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2017;2(13):831-833. (In Russ.)
24. Abramovsky PD. [German experience in quality management.] In: *Information and Telecommunication Systems and Technologies: Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference, Kemerovo, October 8–10, 2020*. Kemerovo: T.F. Gorbachev Kemerovo State Technical University; 2020:184-187. (In Russ.)
25. Demidenko GN, Medvedev IV, Sulman MG. Problems of accreditation of conformity assessment bodies. *Byulleten' Nauki i Praktiki*. 2017;(2(15)):299-303. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.291917
26. Kolennikova OA, Toksanbaeva MS. Factors of dysfunction of institutes for assessing the qualifications of medical specialists. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(5):467-476. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-5-467-476

Сведения об авторах:

✉ **Кузнецова** Камал Янис кызы – член-корреспондент РАЕН, д.м.н., врач-паразитолог ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgsenudprf.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2176-7852>.

Аляутдина Людмила Владимировна – к.м.н., заведующий микробиологической лабораторией ООО «Главный контрольно-испытательный центр питьевой воды», e-mail: voda@gicpv.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2408-5050>.

Герасимов Владимир Николаевич – д.б.н., главный научный сотрудник, заведующий отделом дезинфектологии ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: info@obolensk.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0473-7785>.

Петрова Светлана Алексеевна – заведующий санитарно-бактериологической лабораторией ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgsenudprf.ru; <https://orcid.org/0009-0004-3890-8484>.

Мальцев Вадим Викторович – главный врач ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgsenudprf.ru.

Информация о вкладе авторов: концепция, дизайн и написание текста: *Кузнецова К.Ю.*; концепция, сбор первичного материала, сравнительно-правовой анализ: *Аляутдина Л.В.*; анализ базы нормативного регулирования и научной литературы: *Герасимов В.Н.*; оформление элементов содержательной части, списка литературы: *Петрова С.А.*; организация испытательных работ по области аккредитации: *Мальцев В.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследования не находятся в области регулирования этических требований.

Финансирование: работа выполнена без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.12.24 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликовано: 22.12.25

Author information:

✉ **Kamalya Y. Kuznetsova**, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Dr. Sci. (Med.), parasitologist, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgsenudprf.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2176-7852>.

Lyudmila V. Alyautdina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Microbiological Laboratory, Main Drinking Water Control and Testing Center; e-mail: voda@gicpv.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2408-5050>.

Vladimir N. Gerasimov, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Head of the Department of Disinfectology, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology; e-mail: info@obolensk.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0473-7785>.

Svetlana A. Petrova, Head of the Sanitary and Bacteriological Laboratory, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgsenudprf.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3890-8484>.

Vadim V. Maltsev, Chief Medical Officer, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgsenudprf.ru.

Author contributions: study conception and design, draft manuscript preparation: *Kuznetsova K.Y.*; study conception and design, data collection, comparative legal analysis: *Alyautdina L.V.*; analysis of the regulatory framework and scientific literature: *Gerasimov V.N.*; design of the elements of the substantive part, bibliography compilation and referencing: *Petrova S.A.*; organization of testing within the scope of accreditation: *Maltsev V.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: December 13, 2024 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025