



RUSSIAN MONTHLY PEER-REVIEWED
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

**PUBLIC HEALTH AND
LIFE ENVIRONMENT**

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

ЗНисО

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

№ 10

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 Uirich'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, РГБ, Dimensions, LENS.ORG, Google Scholar, VINITI RAN.

Москва • 2025

Здоровье населения и среда обитания – *ЗНЦО*

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 10 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 ФЦГиЭ 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.fcgie.ru/>

© ФБУЗ ФЦГиЭ 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 ФЦГиЭ 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 ФЦГиЭ 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
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
здоровью 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. Вишневого» 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. Бонарева 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 ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва,
Российская Федерация)
- В.В. Кутырев д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противоч-
умный 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
здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)
- А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профиллак-
тическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны
здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет
им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- 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. Курхин 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 – ЗНисО

Рецензируемый научно-практический журнал
Том 33 № 10 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 ФЦГиЭ Роспотребнадзора. При использовании материалов ссылка на журнал ЗНисО обязательна.

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

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

Издатель:
ФБУЗ ФЦГиЭ 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. Зеленсон
Переводчик О.Н. Лежнина
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 31.10.2025
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 11,75
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 7–94.

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

© ФБУЗ ФЦГиЭ 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 10, 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 Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation
- Olga E. Trotsenko Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

- Vladimir A. Aleshkin Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichesky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
- Alexander V. Alekhovich Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation
- Sergey A. Balakhonov Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation
- Natalia A. Bokareva Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
- Evgeniy L. Borshchuk Dr. Sci. (Med.), Professor; Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation. Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation
- Nikolai I. Briko Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
- Vladimir B. Gurvich Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation
- Tamara K. Dzagurova Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomyelitis), Moscow, Russian Federation
- Sergey N. Kiselev Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation
- Oleg V. Klepikov Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
- Victor T. Komov Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation
- Eduard I. Korenberg Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
- Vladimir M. Korzun Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation
- Elena A. Kuzmina Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation
- Vladimir V. Kutryev 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-Nesevrya 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 Lobachevskiy 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. Lobachevskiy National Research State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Mikhail Yu. Shchelkanov	Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Director of G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Head of the Basic Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology with the International Research and Educational Center for Biological Safety, School of Life Sciences and Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Virology Laboratory, Federal Research Center for East Asia Terrestrial Biota Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
Vladimir O. Shchepin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of Research Direction, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

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

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 33, Issue 10, 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 Rosпотrebnadzor. 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: A.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: October 31, 2025
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 11,75
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitaniya. 2025;33(10):7–94.

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
Rosпотrebnadzor, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Кирьянов Д.А., Ситчихина Л.А., Бабина С.В., Цинкер М.Ю. Ретроспективный анализ вариативности и устойчивости данных ведомственной статистики Роспотребнадзора как информационной основы аналитических задач в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения 7

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Май И.В., Попова Е.В., Вайсман Я.И. Опыт обоснования объектов квотирования по критериям вклада в неприемлемый аэрогенный риск здоровью населения в рамках федерального проекта «Чистый воздух» 20

Крылова Н.В., Новикова О.Н., Латышевская Н.И., Антонов В.А., Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г., Белоусова Т.Н., Лобанов А.Н., Пак В.А. Комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания населения в районе расположения химически опасного объекта 30

ГИГИЕНА ТРУДА

Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Бушуева Т.В., Харьковская П.К., Патрикеева А.Н., Кондакова Л.В., Новосельцева Е.Е., Плотко Э.Г. Изучение в условиях *in vitro* трансформации твердых мелкодисперсных частиц пыли горно-металлургического предприятия 38

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Кудрявцева К.В., Смирнова Е.А., Батулин А.К. Мировой опыт по разработке индексов для комплексной оценки рациона детей и подростков. Литературный обзор 45

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Позднякова М.А., Жукова Е.С., Шалаганова В.В., Полякова Л.В. Разработка и обоснование методологии пробиотической очистки внутренней среды закрытых помещений в автоматизированном режиме 56

Степанова К.Б., Степанова Т.Ф., Ребещенко А.П., Бакштановская И.В., Кротов С.А., Плышевский Г.В. Распространенность генетических маркеров инфекционных заболеваний, передающихся клещами, у иксодовых клещей, собранных на территории Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа в различных ландшафтных зонах 66

Бынина М.П., Яковлев А.А., Макаренко И.Д., Соловьёва А.С., Показеева Ю.Н., Трофимова М.Ф., Лубова В.А., Белик А.А., Белов Ю.А., Запорожец Т.С., Крыжановский С.П., Щелканов М.Ю. Трансформация вегетативного фенотипа *Salmonella Enteritidis* в dormantный под действием морской воды 74

Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Аушева Т.А. Выявление возбудителей клещевых трансмиссивных инфекций в иксодовых клещах, удаленных после присасывания к человеку, на территории Хабаровского края в эпидемические сезоны 2017–2024 гг. 84

ЮБИЛЕИ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Хабаровскому научно-исследовательскому институту эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора 100 лет 92

Памяти Константина Исааковича Эллера 94

Public Health and Life Environment – PH&LE

Volume 33, Issue 10, 2025

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Kiryakov D.A., Sitchikhina L.A., Babina S.V., Tsinker M.Yu. Retrospective analysis of variability and sustainability of Rosпотребнадзор departmental statistics as an information basis of analytical tasks in the sphere of sanitary and epidemiological well-being of the population 7

COMMUNAL HYGIENE

May I.V., Popova E.V., Vaisman I.I. Experience in substantiating emission quotas per contributions made to unacceptable airborne health risks within the Clean Air Federal Project 20

Krylova N.V., Novikova O.N., Latyshevskaya N.I., Antonov V.A., Tobolskaya-Pospelova M.M., Sazonova N.G., Belousova T.N., Lobanov A.N., Pak V.A. Comprehensive hygienic assessment of environmental conditions near a major hazard facility 30

OCCUPATIONAL HEALTH

Khlystov I.A., Shtin T.N., Bushueva T.V., Kharkova P.K., Patrikeeva A.N., Kondakova L.V., Novoseltseva E.E., Plotko E.G. *In vitro* transformation of fine particles from a mining and metallurgical enterprise 38

NUTRITION HYGIENE

Kudryavtseva K.V., Smirnova E.A., Baturin A.K. World experience in developing indices for a comprehensive assessment of the diet of children and adolescents: A literature review 45

EPIDEMIOLOGY

Pozdnyakova M.A., Zhukova E.S., Shalaganova V.V., Polyakova L.V. Development and substantiation of the methodology for automated probiotic-based cleaning of indoor environments 56

Stepanova K.B., Stepanova T.F., Rebeshchenko A.P., Bakshtanovskaya I.V., Krotov S.A., Plyshevskij G.V. Prevalence of genetic markers of tick-borne diseases in ixodid ticks collected in various landscape zones of the Tyumen Region and the Khanty-Mansi Autonomous Okrug 66

Bynina M.P., Yakovlev A.A., Makarenkova I.D., Solovyeva A.S., Pokazeeva J.N., Trofimova M.F., Lubova V.A., Belik A.A., Belov I.A., Zaporozhets T.S., Kryzhanovsky S.P., Shchelkanov M.Yu. Seawater-induced vegetative to dormant phenotype transformation of *Salmonella Enteritidis* 74

Belkina N.V., Dragomeretskaya A.G., Trotsenko O.E., Aushva T.A. Detection of tick-borne pathogens in ixodid ticks removed from humans in the Khabarovsk Krai during the epidemic seasons of 2017–2024 84

ANNIVERSARIES AND MEMORABLE DATES

The centenary of the Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology 92

In memory of Professor Konstantin I. Eller 94



Ретроспективный анализ вариативности и устойчивости данных ведомственной статистики Роспотребнадзора как информационной основы аналитических задач в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения

Д.А. Кирьянов, Л.А. Ситчихина, С.В. Бабина, М.Ю. Цинкер

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

Резюме

Введение. Формы ведомственного статистического наблюдения Роспотребнадзора, наряду с данными Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, являются важным источником информации не только для расчета эффективности деятельности Службы, оценки предотвращенных потерь здоровья населения, но и подготовки аналитических отчетов различного уровня, при этом получившиеся результаты в том числе зависят от изменений структуры и содержания форм.

Цель исследования: анализ вариативности и устойчивости данных статистических форм как входных параметров для оценки результативности и эффективности действий Роспотребнадзора по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия за период с 2017 по 2023 г.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный сравнительный анализ структурных единиц (строки, столбцы) следующих форм ведомственного статистического наблюдения Роспотребнадзора, с учетом изменений в правовом поле в области санитарно-эпидемиологического благополучия за период с 2017 по 2023 г.: форма № 18, форма № 1, форма № 1-контроль и форма № 13.

Результаты. Трансформация нормативно-правовой базы, отмеченная в период с 2017 по 2023 г., привела к изменению структуры и содержания рассматриваемых форм статотчетности Роспотребнадзора. Общие тенденции к смещению контрольно-надзорной деятельности в сторону увеличения объема профилактических мероприятий (темп снижения проводимых контрольно-надзорных мероприятий 2023 г. к 2019 г. составил 80,8 %), расширению и детализации анализируемых показателей (добавлено и переименовано более 900 структурных показателей) и снижению объема ряда данных приводят к изменению вариативности и устойчивости статистических данных, выступающих в качестве информационной базы для широкого круга аналитических задач.

Выводы. Анализ показал, что пересмотры форм приводят к изменению динамических рядов многолетних данных, что сказывается на результатах различных решений аналитических задач. Даны рекомендации о включении в план работ, связанных с перестроением моделей причинно-следственных связей в тройственной системе «Деятельность Роспотребнадзора – качество среды обитания – состояние здоровья населения».

Ключевые слова: статистические формы, Роспотребнадзор, контрольно-надзорная деятельность, санитарно-эпидемиологическое благополучие, ретроспективные изменения.

Для цитирования: Кирьянов Д.А., Ситчихина Л.А., Бабина С.В., Цинкер М.Ю. Ретроспективный анализ вариативности и устойчивости данных ведомственной статистики Роспотребнадзора как информационной основы аналитических задач в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2025. Т. 33. № 10. С. 7–19. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19

Retrospective Analysis of Variability and Sustainability of Rosпотребnadzor Departmental Statistics as an Information Basis of Analytical Tasks in the Sphere of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population

Dmitry A. Kiryanov, Lyubov A. Sitchikhina, Svetlana V. Babina, Mikhail Yu. Tsinker

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

Summary

Background: Departmental statistical observation forms of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Rosпотребnadzor), along with the data of the Federal Information Fund for Public Health Monitoring, are an important source of information not only for evaluating the effectiveness of the Service and assessing prevented losses to public health, but also for preparing analytical reports of various levels. Their results depend, inter alia, on changes in the structure and contents of these forms.

Objective: To analyze variability and sustainability of statistical form data as input parameters for evaluating the effectiveness and efficiency of Rosпотребnadzor activities aimed to ensure sanitary and epidemiological well-being of the Russian population in 2017–2023.

Materials and Methods: We conducted a retrospective comparative analysis of structural units (rows and columns) of Rosпотребnadzor departmental statistical observation forms Nos. 18, 1, 1-control, and 13 taking into account regulatory changes in the field of sanitary and epidemiological well-being made in 2017 to 2023.

Results: Transformation of the regulatory framework during the study period amended the structure and content of the Rosпотребnadzor forms of statistical reporting under consideration. General trends towards a shift in control and supervisory activities towards an increase in the volume of preventive measures (the rate of decrease in the number of control and supervisory measures taken in 2023 compared to 2019 was 80.8 %), expansion and detailing of analyzed indicators (over 900 structural indicators were added or renamed), and a decrease in the volume of some data lead to a change in variability and sustainability of statistical data used as the main source of information for a wide range of analytical tasks.

Conclusions: Our findings show that revisions of reporting forms lead to changes in the dynamic series of long-term data, thus affecting the results of various solutions to analytical tasks. Recommendations are given for planning works associated with the restructuring of models of cause-and-effect relationships within the triple system of “Rosпотребnadzor Activities – Environmental Quality – Public Health”.

Keywords: statistical reporting forms, Rosпотребnadzor, control and surveillance activities, sanitary and epidemiological well-being, retrospective changes.

Cite as: Kiryanov DA, Sitchikhina LA, Babina SV, Tsinker MYu. Retrospective analysis of variability and sustainability of Rosпотребnadzor departmental statistics as an information basis of analytical tasks in the sphere of sanitary and epidemiological well-being of the population. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):7–19. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19

Введение. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (далее – Роспотребнадзор) в своей деятельности решает широкий круг аналитических задач, способствующих принятию эффективных управленческих решений, выполнению прогнозных оценок, выбору приоритетных контрольно-надзорных мероприятий и, как следствие, достижению национальных целей развития Российской Федерации¹.

Обладая научно-методической^{2,3,4} [1–3] и информационной базой и используя различный инструментарий (методы оценки риска, математического моделирования, в том числе нейронных сетей) [4–8], проводятся исследования, связанные с тройственной системой «Деятельность Роспотребнадзора – Качество среды обитания – состояние здоровья населения».

Заложенные в методических документах подходы используются для расчета показателей результативности и эффективности деятельности Службы [9–14], оценки предотвращенных потерь здоровью [15–20], оценки экономических потерь [21, 22] и формирования информационно-аналитических материалов различного уровня, в том числе для подготовки государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации»^{5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15}.

Для решения таких задач используются как данные Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, так и данные форм ведомственного статистического наблюдения, которые подлежат ежегодному обновлению. При этом результаты расчетов определяются не только изменением самой системы причинно-следственных связей, но и содержанием и устойчивостью исходных данных, которые напрямую зависят от изменений структуры и содержания статистических форм.

Таким образом, **целью настоящего исследования** является проведение анализа вариативности и устойчивости данных статистических форм как входных параметров для оценки результативности и эффективности действий службы по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия за период с 2017 по 2023 г.

Материалы и методы. Наиболее значимые структурные изменения форм ведомственной статистической отчетности Роспотребнадзора за исследуемый временной промежуток (2017–2023) произошли в результате нововведений и корректировок в правовом поле в области санитарно-эпидемиологического благополучия и государственного контроля (надзора). Так, начиная с 2020 г. было введено в действие порядка 7 нормативно-правовых актов различного уровня значимости (Федеральный

¹ О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 г.: Указ Президента от 21.07.2020 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. 2020. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/news/63728> (дата обращения: 01.04.2025).

² 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» (утв. главным государственным санитарным врачом РФ от 23.10.2014) М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, 2015. 60 с. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200129398> (дата обращения: 28.04.2025).

³ Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 31 октября 2017 года № 1044 «Об утверждении показателей результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и ее территориальных органов».

⁴ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (утверждено Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Поповой А.Ю. 06.09.2023) [Электронный ресурс] // Гарант: информационно-правовой портал. – URL: <https://base.garant.ru/408644981/> (дата обращения: 06.05.2025).

⁵ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1984 (дата обращения: 28.04.2025).

⁶ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=3692 (дата обращения: 28.04.2025).

⁷ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=6851 (дата обращения: 28.04.2025).

⁸ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=8345 (дата обращения: 28.04.2025).

⁹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=10145 (дата обращения: 28.04.2025).

¹⁰ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=12053 (дата обращения: 28.04.2025).

¹¹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933 (дата обращения: 28.04.2025).

¹² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18266 (дата обращения: 28.04.2025).

¹³ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796 (дата обращения: 28.04.2025).

¹⁴ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25076 (дата обращения: 28.04.2025).

¹⁵ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=27779 (дата обращения: 28.04.2025).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19>
Original Research Article

закон, постановления правительства, постановления Главного государственного санитарного врача), которые были рассмотрены в ходе исследования.

Ретроспективному сравнительному анализу подверглись следующие формы ведомственной статистической отчетности Роспотребнадзора с 2017 по 2023 г.: форма № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» (далее – форма № 18), форма № 1 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора» (далее – форма № 1), форма № 1-контроль «Сведения об осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» (далее – форма № 1-контроль), форма № 13 «Сведения о работе органов и организаций Роспотребнадзора по вопросам обеспечения контроля (надзора) за физическими факторами неионизирующей природы» (далее – форма № 13).

Указанные формы состоят из ряда таблиц (разделов), которые в свою очередь содержат как горизонтальные (столбцы), так и вертикальные (строки) показатели. Структура каждой формы за семилетний период рассматривалась по отдельности. В рамках одной статистической формы сначала сравнивалось общее количество строк и столбцов в каждой таблице отчетной формы, после чего проводился содержательный анализ каждого показателя. Выявленные изменения фиксировались и обобщались. Суммарно было рассмотрено более 18 000 показателей.

Результаты. Все статистические формы подвержены пересмотру под влиянием множества факторов, будь то изменение нормативно-правовой базы, совершенствование методологии статистического учета или смена приоритетов государ-

ственной политики. Так, к числу наиболее важных факторов, способствующих пересмотру статформ Роспотребнадзора, можно отнести следующие: ввод в действие Федерального закона от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»¹⁶ (далее – 248-ФЗ) и Постановления Правительства РФ от 30.06.2021 № 1100 (ред. от 28.09.2023) «О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)»¹⁷, а также внедрение в 2021 г. новых СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»¹⁸ (далее – СанПиН 2.1.3684–21) и СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»¹⁹ (далее – СанПиН 1.2.3685–21), и другими документами в области защиты прав потребителей и санитарно-эпидемиологического благополучия.

В период с 2017 по 2023 г. исследуемые формы ведомственной статистической отчетности подвергались неоднократному пересмотру, каждый из которых официально утверждался соответствующим приказом Роспотребнадзора²⁰ или Росстата^{21,22,23,24}. В частности, форма № 1 корректировалась ежегодно, в то время как формы № 18 и 13 модифицировались трижды. Единственной формой, которая не претерпела изменений за рассматриваемый временной интервал, стала форма № 1-контроль (табл. 1).

¹⁶ Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 N 248-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 27.04.2025).

¹⁷ Постановление Правительства РФ 30.06.2021 № 1100 «О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)» (вместе с «Положением о федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)») [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389344/ (дата обращения: 27.04.2025).

¹⁸ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (вместе с «СанПиН 2.1.3684–21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62297) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 01.04.2025).

¹⁹ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17.03.2025) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685–21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.04.2025).

²⁰ Об утверждении форм отраслевого статистического наблюдения №№ 1-18, 2-18, 8-18, 9-18, 19-18: Приказ Роспотребнадзора от 19 ноября 2018 г. № 953 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551909637> (дата обращения: 01.04.2025).

²¹ Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 29.12.2017 № 885 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287871/ (дата обращения: 01.04.2025).

²² Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 24.12.2019 N 800 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341587/ (дата обращения 01.04.2025).

²³ Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 27.09.2022 N 654 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_428134/ (дата обращения 01.04.2025).

²⁴ «Об утверждении статистического инструментария для организации Минэкономразвития России федерального статистического наблюдения за осуществлением государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»: Приказ Росстата от 21.12.2011 № 503 (ред. от 24.06.2022) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124066/ (дата обращения 01.04.2025).

Таблица 1. Количество измененных структурных единиц в статформах Роспотребнадзора
Table 1. The number of changed structural units in Rospotrebnadzor statistical reporting forms

Номер формы / Form No.	Годы / Years											
	2018		2019		2020		2021		2022		2023	
	стр. / rows	ст. / col.	стр. / rows	ст. / col.	стр. / rows	ст. / col.	стр. / rows	ст. / col.	стр. / rows	ст. / col.	стр. / rows	ст. / col.
Добавление показателей / Indicators added												
1	14	4	45	21	10	8	82	55	20	6	37	74
18	–	–	69	4	–	–	–	–	136	213	–	–
13	4	–	–	–	–	–	2	–	–	–	3	–
1-контроль / 1-Control	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Переименование показателей / Indicators renamed												
1	–	–	–	–	4	6	26	9	2	5	–	1
18	–	–	14	–	–	–	–	–	39	3	–	–
13	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–
1-контроль / 1-Control	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Удаление показателей / Indicators removed												
1	–	–	2	–	5	4	21	15	7	6	–	2
18	–	–	17	5	–	–	–	–	17	14	–	–
13	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–
1-контроль / 1-Control	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Сокращения: стр. – строки; ст. – столбцы (графы).
Abbreviation: col., columns.

Все преобразования, произошедшие со статформами, можно разделить на несколько категорий, каждая из которых в разной степени оказывает влияние на качество, сопоставимость и интерпретируемость статистических данных: введение новых или удаление неактуальных разделов (таблиц) и показателей, объединение, разбивка или переименование показателей.

При этом важно подчеркнуть, что ежегодно по мере накопления статистической информации происходит уточнение причинно-следственных связей, а изменения в структуре исходных данных способны существенно менять статистическую значимость полученных моделей в системе «деятельность Роспотребнадзора – качество среды обитания – состояние здоровья населения» и, как следствие, влиять на последующую оценку эффективности и результативности деятельности Службы.

Проведенный анализ показал, что, несмотря на ежегодные пересмотры формы № 1, наиболее значимые перемены в ее структуре начинаются с 2021 г., когда основной акцент контрольно-надзор-

ной деятельности Роспотребнадзора стал активно смещаться в сторону профилактики нарушений [23], что в данном случае можно связать не только с вводом в действие 248-ФЗ²⁵, но и с вводом в действие моратория^{26,27,28} на проведение плановых проверок в отношении контролируемых лиц, отнесенных в соответствии с законодательством к субъектам малого предпринимательства. В результате в форму был включен ряд превентивных мероприятий, таких как информирование, профилактический визит, консультирование, меры стимулирования добросовестности, самообследование и объявление предостережения. Однако стоит сказать, что Роспотребнадзор и ранее проводил профилактические мероприятия в отношении некоторых видов деятельности [24], но их масштаб был менее значительным и они не выделялись в отдельную группу (рис. 1).

Согласно рис. 1, число контрольных (надзорных) мероприятий сокращается начиная с 2019 г. (темп снижения 2023 к 2019 г. составляет 80,8 %), при этом зафиксированный в 2020 г. «провал»

²⁵ Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 № 248-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 27.04.2025).

²⁶ Постановление Правительства РФ от 03.04.2020 № 438 «Об особенностях осуществления в 2020 году государственного контроля (надзора), муниципального контроля и о внесении изменения в пункт 7 Правил подготовки органами государственного контроля (надзора) и органами муниципального контроля ежегодных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_349478/ (дата обращения: 27.04.2025).

²⁷ Постановление Правительства РФ от 30.11.2020 № 1969 «Об особенностях формирования ежегодных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на 2021 год, проведения проверок в 2021 году и внесении изменений в пункт 7 Правил подготовки органами государственного контроля (надзора) и органами муниципального контроля ежегодных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_369317/ (дата обращения: 27.04.2025).

²⁸ Постановление Правительства РФ от 10.03.2022 № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля» [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411233/ (дата обращения: 27.04.2025).



*до 2021 года в рамках 294-ФЗ, начиная с 2021 года в рамках 248-ФЗ /
*under Federal Laws 294 and 248 before and after the year 2021, respectively

Рис. 1. Рост числа профилактических мероприятий по сравнению с контрольными (надзорными) по данным формы № 1
Fig. 1. The increase in the annual number of preventive measures compared to control (surveillance) activities according to Rospotrebnadzor Reporting Form No. 1 data

надзорных мероприятий можно объяснить сложившейся эпидемической ситуацией, связанной с пандемией COVID-19. Такое существенное снижение ранее эффективных административных действий побудило Роспотребнадзор искать новые методы взаимодействия с контролируемыми лицами, что привело начиная с 2021 г. к введению в структуру формы расширенного спектра профилактических мероприятий, количество которых на протяжении последующих двух лет увеличилось более чем в 4,5 раза.

Наряду с вводом превентивных мер профилактического характера расширяется и перечень плановых и внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий. Так, в ходе пересмотра формы 2021 г. появились мониторинговая закупка, выборочный контроль, инспекционный визит, рейдовые осмотры. Дополнительно вводятся показатели, характеризующие досудебный порядок рассмотрения жалоб контролируемых лиц в отношении решений контрольного (надзорного) органа, показатели, связанные с понятием «индикаторы риска нарушения обязательных требований», и другие.

Корректировке и масштабированию подвергся и перечень контролируемых видов деятельности с учетом потенциального риска причинения вреда здоровью. В результате изменений 2021 г. в таблицу 2000 формы № 1 было добавлено 38 строк и переименовано порядка 18 показателей. При этом ряд новых показателей был получен путем декомпозиции ранее существующих. Например, строку под номером 60 «в том числе (из строки 58): Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях (01), Лесоводство и прочая лесохозяйственная деятельность (02), Рыболовство (кроме

рыбопромысловых судов), и рыбоводство (03)» в версии формы 2021 г. разделили на две «Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство...» и «Рыболовство (кроме рыбопромысловых судов), рыбоводство...». В итоге всех изменений строковая часть таблицы была приведена к виду, который оставался неизменным на протяжении последующих двух лет.

Наряду с расширением структуры таблиц формы № 1 наблюдаются процессы переименования и включения одних показателей в состав других. И если одни изменения проходят «безболезненно», как, например, замена строки с видом деятельности «Транспортные средства...» на строку «Деятельность, связанная с эксплуатацией транспортных средств», то другие приводят не только к росту временных затрат на сопоставление, но и к частичной потере данных и, как следствие, снижению качества проведенных аналитических расчетов.

Например, начиная с 2021 г. из таблицы 1000 формы № 1 были исключены строки «на основании информации о фактах возникновения угрозы причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также угрозы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и «на основании информации о фактах причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Однако в последующие годы были добавлены показатели, которые, несмотря на созвучие, не могут

быть равноценной заменой, поскольку являются или составными, или, наоборот, конкретизируют тот или иной показатель контроля (надзора) (см. табл. 2).

Пересмотр формы № 1 2023 г. в основном коснулся расширения структуры таблиц, связанных с контролем (надзором) в области защиты прав потребителей и работы с обращениями граждан, органов государственной власти, местного самоуправления, общественных объединений и иных организаций. В результате был расширен перечень статей закона «О защите прав потребителей»²⁹, по которым выявлены нарушения (с 7 до 27 пунктов), к видам деятельности добавлены строки, учитывающие потребителей, относящихся к социально уязвимым категориям, а также в состав формы вошли графы, расширяющие категории обращений

в службу в связи с возникновением угрозы причинения вреда (ущерба) или о причинении вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям.

Согласно проведенному анализу форма ведомственного статистического наблюдения № 18 с 2017 по 2023 г. подвергалась корректировке три раза. Пересмотры 2017 и 2019 гг. были незначительны и в основном касались масштабирования строковых частей таблиц (количество ресурсоснабжающих организаций, осуществляющих водоснабжение, перечень исследуемых веществ в почве и др.).

Существенные изменения в структуре формы были зафиксированы в 2022 г., когда корректировке подверглось более половины разделов, что обусловлено в первую очередь вступлением в силу новых санитарных правил и норм (СанПиН

Таблица 2. Пример показателей контроля (надзора) объединенных или перегруппированных
Table 2. Examples of combined and/or regrouped control (surveillance) indicators

Год / Year	Номер строки / Row No.	Название строки / Row name
1	2	3
2020	07	на основании информации о фактах возникновения угрозы причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также угрозы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / based on information about emerging threats to citizens' lives and health, harm to animals, plants, the environment, culturally significant objects (historical and cultural monuments) of the peoples of the Russian Federation, national security, and threats of natural and man-made disasters
	08	на основании информации о фактах причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / based on information about facts of harm to citizens' lives and health, harm to animals, plants, the environment, culturally significant objects (historical and cultural monuments) of the peoples living in the Russian Federation, national security, and occurrence of natural or man-made disasters
2021	20	в том числе по основаниям проведения внеплановых КНМ* (из стр. 09): наличие у контрольного (надзорного) органа сведений о причинении вреда (ущерба) или об угрозе причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям** либо выявление соответствия объекта контроля параметрам, утвержденным индикаторами риска нарушения обязательных требований, или отклонение объекта контроля от таких параметров / including those based on the results of unscheduled CSA* (from row 09): a control (surveillance) authority has information about harm (damage) or a threat of harm (damage) to values protected by law** or reveals compliance of an object under control to approved indicators of risk of violations of mandatory requirements or non-compliance of an object under control with them
2022	21	в том числе по основаниям проведения внеплановых КНМ, (из стр. 09): при наличии у контрольного (надзорного) органа сведений о угрозе причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан, по фактам причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан / including those based on the results of unscheduled CSA (from row 09): a control (surveillance) authority has information about a threat of severe harm to citizens' lives and health proven by facts of causing severe harm to citizens' lives and health
	22	при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций природного и (или) техногенного характера, по фактам возникновения чрезвычайных ситуаций природного и (или) техногенного характера / in case of a threat of natural and/or man-made disasters, based on the occurrence of natural and/or man-made disasters

* КНМ – контрольное (надзорное) мероприятие / CSA, control (surveillance) activity.

** Согласно ч. 1 ст. 5 Федерального закона от 31.07.2020 № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» охраняемые законом ценности – это жизнь и здоровье людей, нравственность, права и законные интересы граждан и организаций, сохранность животных, растений, окружающей среды и объектов культурного наследия, оборона страны и безопасность государства, а также иные охраняемые законом ценности /

***According to Part 1, Clause 5 of the Federal Law No. 247-FZ of July 31, 2020, On mandatory requirements in the Russian Federation, values protected by law include human life and health, morals, rights and legal interests of citizens and organizations, protection of animals, plants, the environment, culturally significant objects (historical and cultural monuments), national defense and security, etc.

²⁹ Закон РФ от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей» [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: официальный сайт. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305/ (дата обращения: 01.04.2025).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19>
Original Research Article

1.2.3684–21 и СанПиН 1.2.3685–21)^{30,31}. На общем фоне наиболее значимыми являются изменения, произошедшие в разделах, связанных с состоянием питьевого водоснабжения, загрязнением атмосферного воздуха, а также состоянием почвы (разделы № 1, 4 и 5 соответственно).

Для углубленной оценки состояния источников питьевого водоснабжения в 2022 г. были детализированы группы исследованных проб воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, добавлены исследования на содержание антибиотиков и гормонов. Основной пласт изменений пришелся на группу «Число исследованных проб по санитарно-химическим показателям» (рис. 2).

Так, если ранее все исследования проб воды по санитарно-химическим показателям отображались в таблице как суммарное значение, то начиная с 2022 г. данная группа детализируется с учетом обобщенных и органолептических показателей, а также содержания химических веществ с привязкой к исследуемым веществам и классам опасности (1, 2 и 3-й класс опасности).

Микробиологические показатели проб воды из источников питьевого водоснабжения дополнительно разбиваются на возбудители кишечных инфекций бактериальной природы, эшерихия коли (*E. coli*) и возбудители кишечных инфекций вирусной природы.

Наряду с этим из формы № 18 начиная с 2019 г. исключаются неактуальные определения и допущения, которые позволяли подконтрольным субъектам не заниматься проблемами, связанными с повышением качества оказываемых услуг (условно доброкачественная питьевая вода) [25].

Для атмосферного воздуха, в результате пересмотра 2022 г., значительно расширился перечень исследуемых загрязняющих веществ (с 56 до 96 показателей). Количество граф, характеризующих исследования на различных постах наблюдения, увеличилось в шесть раз (с 15 до 92), за счет включения в состав формы максимально разовых и среднесуточных концентраций веществ, разделения показателей отдельно на подфакельные и маршрутные исследования, а также сопоставления структуры данных для городских и сельских

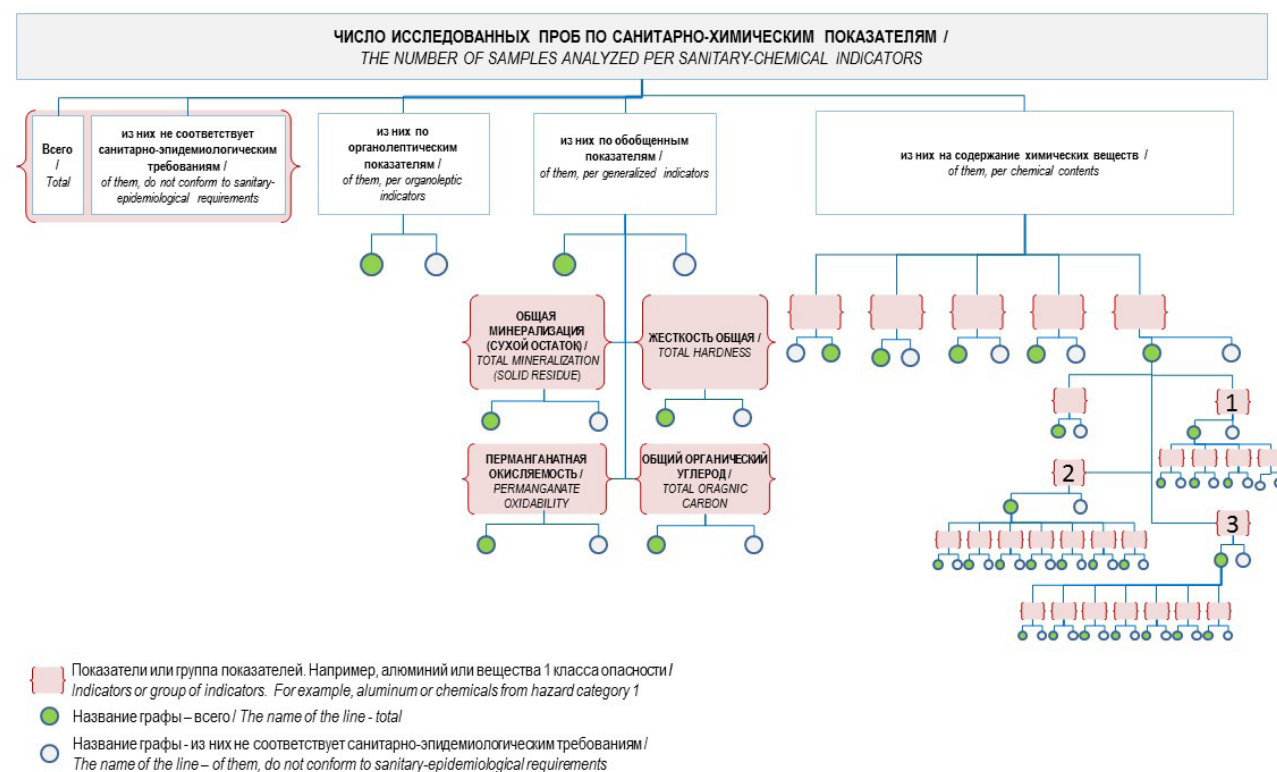


Рис. 2. Схематичное изображение дерева показателей по группе «Число исследованных проб по санитарно-химическим показателям» раздела № 1 статформы № 18 (2022 г.)

Fig. 2. The tree showing indicators pertaining to the number of samples tested for chemical quality and safety of Section No. 1 of the Reporting Form No. 18 (2022)

³⁰ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (вместе с «СанПиН 2.1.3684–21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62297) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 01.04.2025).

³¹ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17.03.2025) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685–21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.04.2025).

поселений. Так, если ранее количество столбцов, характеризующих исследования проб воздуха на территориях сельских поселений, равнялось двум, то после утверждения новой редакции формы в разделе № 4 их стало 36 (рис. 3).

Раздел № 5, характеризующий состояние почвы, был приведен в соответствии с СанПин 2.1.3684–21³². В результате редакции 2022 г. в структуру таблицы вошла расширенная классификация функциональных зон (см. табл. 3) и вместо 9 строк в составе таблицы, описывающих места отбора проб почвы, их стало 19. При этом некоторые показатели были просто переименованы, а некоторые – разбиты на отдельные составляющие. Например, понятие «селитебная зона» заменили на «жилая зона», а показатель «почва в зоне влияния промышленных предприятий, транспортных магистралей, в местах применения пестицидов и минеральных удобрений» был декомпозирован на три отдельные составляющие «транспортные магистрали», «промышленная зона» и «поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства».

Наряду с расширением количества строк в редакции 2022 г. также увеличилось количество столбцов, характеризующих типы проводимых исследований проб почвы (с 25 до 46). Однако в данном случае изменения носили характер де-

композиции уже существующих показателей. Так, были детализированы группы исследований по микробиологическим (общие колиформные бактерии (ОКБ), энтерококки (фекальные), патогенные бактерии, сальмонеллы) и паразитологическим показателям (жизнеспособные яйца гельминтов и жизнеспособные личинки гельминтов, опасные для человека и животных, цисты (ооцисты) патогенных кишечных простейших), а также расширился перечень приоритетных исследуемых тяжелых металлов (в состав таблицы вошли никель и мышьяк). Наряду с этим в результате перехода на новую модель контрольной (надзорной) деятельности, ориентированной на снижение числа плановых проверок, за счет перехода на профилактические мероприятия и переориентацию надзорной деятельности на более рискованные объекты, может наблюдаться частичная утрата статистических данных (рис. 4).

Согласно рисунку 4 число исследованных проб почвы в жилой зоне по санитарно-химическим показателям сокращается (темп прироста 2022 г. к 2021 г. составил –67,3 %). Аналогичная ситуация наблюдается и по остальным группам показателей (микробиологические, паразитологические и др.).

Изменения формы ведомственного статистического наблюдения № 13 в сравнении с пересмотренными формами № 1 и 18 не столь масштабны. Значимые

Наименование графы / The name of the line	Сельские поселения / Rural settlements								
	Всего исследовано проб / Analyzed samples, total	из них (из гр. 57) / of them (from line 57)		из них с превышением ПДК (из графы 57) / of them above MPL (from line 57)	из них (из гр. 60) / of them (from line 60)		в том числе более 5 ПДК (из графы 57) / including above 5 MPL (from line 57)	из них (из гр. 63) / of them (from line 63)	
		мп / s.m.	сс / av.d.		мп / s.m.	сс / av.d.		мп / s.m.	сс / av.d.
№ графы / Line No.	57	58	59	60	61	62	63	64	65

Наименование графы / The name of the line	Сельские поселения / Rural settlements								
	в том числе (из графы 57): / including (from line 57): на стационарных постах / at stationary posts								
	Всего исследовано проб / Analyzed samples, total	из них (из гр. 66) / of them (from line 66)		из них с превышением ПДК (из графы 66) / of them above MPL (from line 66)	из них (из гр. 69) / of them (from line 69)		в том числе более 5 ПДК (из графы 66) / including above 5 MPL (from line 66)	из них (из гр. 72) / of them (from line 72)	
мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	
№ графы / Line No.	66	67	68	69	70	71	72	73	74

Наименование графы / The name of the line	Сельские поселения / Rural settlements								
	в том числе (из графы 57): / including (from line 57): маршрутные исследования в зоне влияния промышленных предприятий / route observations in areas influenced by industrial enterprises								
	Всего исследовано проб / Analyzed samples, total	из них (из гр. 75) / of them (from line 75)		из них с превышением ПДК (из графы 75) / of them above MPL (from line 75)	из них (из гр. 78) / of them (from line 78)		в том числе более 5 ПДК (из графы 75) / including above 5 MPL (from line 75)	из них (из гр. 81) / of them (from line 81)	
мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	
№ графы / Line No.	75	76	77	78	79	80	81	82	83

Наименование графы / The name of the line	Сельские поселения / Rural settlements								
	в том числе (из графы 57): / including (from line 57): подфакельные исследования в зоне влияния промышленных предприятий / under-plume observations in areas influenced by industrial enterprises								
	Всего исследовано проб / Analyzed samples, total	из них (из гр. 84) / of them (from line 84)		из них с превышением ПДК (из графы 84) / of them above MPL (from line 84)	из них (из гр. 87) / of them (from line 87)		в том числе более 5 ПДК (из графы 84) / including above 5 MPL (from line 84)	из них (из гр. 90) / of them (from line 90)	
мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	мп / s.m.		сс / av.d.	
№ графы / Line No.	84	85	86	87	88	89	90	91	92

Рис. 3. Перечень граф, характеризующих исследования атмосферного воздуха для сельских поселений (2022 г.)
Fig. 3. The rows showing ambient air quality test results in rural areas (2022)

³² Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПин 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (вместе с «СанПин 2.1.3684–21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021. № 62297) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 01.04.2025).

Таблица 3. Перечень функциональных зон в разделе № 5 статформы № 18
Table 3. The list of functional areas in Section 5 of the Statistical Reporting Form No. 18

Перечень функциональных зон в 2021 г. / List of functional areas – 2021	Перечень функциональных зон в 2022 г. / List of functional areas – 2022
Всего (сумма строк 02-05,07-09) / Total (the sum of rows 02-05, 07-09)	Всего (сумма строк 02, 04, 11, 12, 15-19) / Total (the sum of rows 02, 04, 11, 12, 15-19)
в том числе: почва в местах производства растениеводческой продукции / including farm lands	в том числе: жилая зона / including residential areas
почва в зоне влияния промышленных предприятий, транспортных магистралей, в местах применения пестицидов и минеральных удобрений / soil in areas influenced by industrial enterprises, traffic networks, in areas of pesticide and mineral fertilizer application	из них (из стр. 02): детские игровые площадки на территории дворов / of them (from row 02): playgrounds in yards
почва на территории животноводческих комплексов и ферм / soils of animal farms	игровые зоны на территориях детских организаций – всего (сумма стр. 05-10) / playgrounds of children's facilities – total (the sum of rows 05-10)
почва в селитебной зоне – всего / soil in non-industrial areas – total	из них (из стр. 04): дошкольные организации / of them (from row 04): preschool facilities
из них на территории детских организаций и детских площадок / of them, belonging to children's facilities and playgrounds	общеобразовательные организации / secondary schools
ЗСО источников водоснабжения / Sanitary zones around water supply sources	организации для детей сирот и детей, оставшихся без попечения родителей / facilities for orphans and children left without parental care
Курорты / Resorts	организации отдыха детей и их оздоровления / facilities for children's rest and recreation
Прочие / Others	детские санатории / children's health resorts
	иные детские организации / other children's facilities
	ЗСО водных объектов / Sanitary zones around water objects
	рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки) / recreational areas (parks, gardens, boulevards, beaches, forest parks)
	из них (из стр. 12): пляжи / of them (from row 12): beaches
	детские игровые площадки / playgrounds
	транспортные магистрали / traffic networks
	промышленная зона / industrial areas
	на территории медицинских организаций / healthcare facilities
	поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства / fields, gardens, private gardens, greenhouses
	Прочие / Others

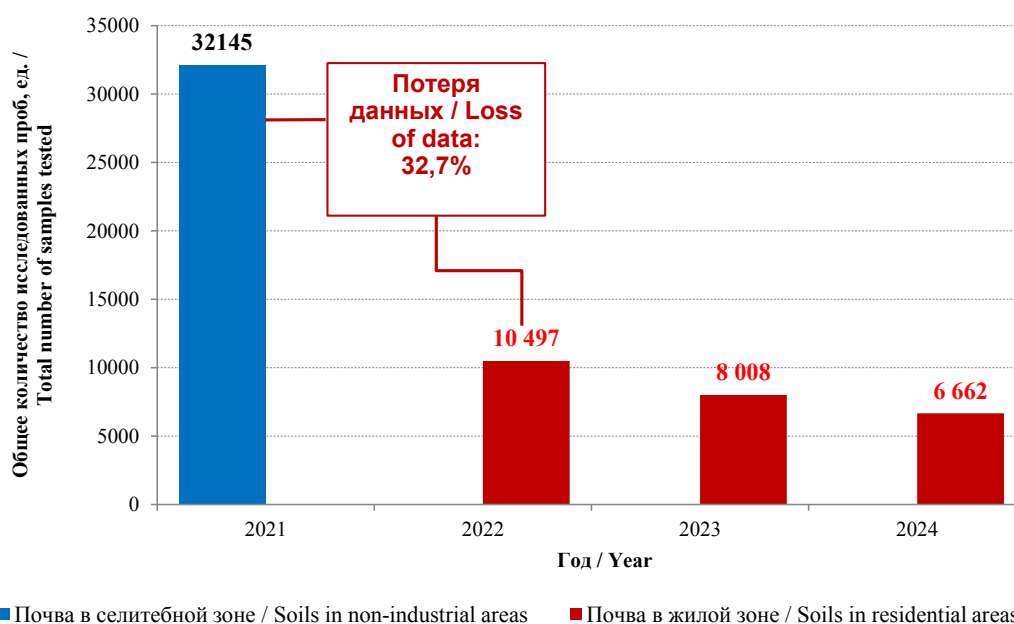


Рис. 4. Численное сравнение значений исследованных проб почвы в селитебной и жилой зоне по санитарно-химическим показателям в 2021–2024 годах

Fig. 4. Soil samples collected in non-industrial and residential areas for chemical quality and safety testing in 2021–2024

корректировки в ее структуре отмечаются в 2021 г., когда из состава было исключено две таблицы («Кадры для осуществления Федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора за источниками физических факторов неионизирующей природы» и «Сведения о жалобах и обращениях граждан и организаций на неблагоприятное воздействие физических факторов»). Наряду с этим введение в действие нового СанПиН 1.2.3684–21 внесло корректировки в названия таблицы и ряда показателей, связанных с размещением и эксплуатацией радиоэлектронных средств. С учетом того, что новый СанПиН не предусматривает согласования Роспотребнадзором ввода в эксплуатацию передающего радиотехнического объекта (ПРТО), то начиная с 1 марта 2021 г. Служба перестала принимать соответствующие заявления. В результате из пересмотра формы № 13 были исключены соответствующие показатели.

Обсуждение. В статье не предусмотрена глубокая статистическая обработка, однако коллектив авторов считает важным донести до читателя значимые изменения, которые могут повлиять на результаты последующего моделирования причинно-следственных связей в системе «деятельность Роспотребнадзора – качество среды обитания – состояние здоровья населения».

В качестве основного источника информации о деятельности Роспотребнадзора выступает форма № 1, которая формирует не только основные индикаторы надзорной деятельности, но и позволяет рассчитывать относительные показатели, более полно отражающие результаты проверок. В качестве идентифицирующих факторов, определяющих состояние объектов среды обитания, используются данные форм № 18, 13 и сведения Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга.

Проведенный ретроспективный анализ показал, что процесс трансформации нормативно-правовой базы, запущенный в рамках реформы контрольно-надзорной деятельности, а также продолжающиеся ограничения на проведение плановых проверок в значительной степени нашли отражение в структуре форм ведомственной статистической отчетности Роспотребнадзора.

Все структурные изменения форм, будь то переименование, ввод новых или удаление неактуальных показателей, не только увеличивают временные затраты на сопоставление информации, приводят к некоторой терминологической путанице, но и нарушают сложившийся временной ряд многолетней статистической информации. Данный комплекс факторов способен приводить как к потере статистической значимости полученных ранее моделей, так и выявлению новых достоверных зависимостей между показателями. При этом важно понимать, что мгновенного отклика на все изменения не последует, и необходимо учитывать временной лаг, который в среднем может составлять 2–3 года.

В рамках проведенного исследования было выявлено, что продолжающаяся на сегодняшний день административная реформа затронула не все формы ведомственного статистического наблюдения. Так,

неизменной осталась форма № 1-контроль. Больше всего пересмотров было зафиксировано в форме № 1 и наиболее значимые изменения отмечаются начиная с 2021 г. В рамках исследования была выявлена устойчивая тенденция к активной интеграции профилактических механизмов взаимодействия с хозяйствующими субъектами в контрольно-надзорную деятельность, что также подтверждается количественными данными.

В результате происходящих изменений в практике надзорной деятельности, приводящих к расширению отчетных форм, полноценно оценить эффективность влияния превентивных мер на сегодняшний день не всегда возможно. В первую очередь это связано с малым временным рядом статистических данных и заложенным при моделировании причинно-следственных связей «деятельность Роспотребнадзора – качество среды обитания» временным лагом в 1 год. Во-вторых, выявленное изменение количества контрольных (надзорных) мероприятий способно привести к снижению корректности оценок результативности и эффективности деятельности Службы.

Все вышесказанное приводит нас к выводу о необходимости перемоделирования влияния деятельности Роспотребнадзора на качество среды обитания по мере накопления массива статистических данных.

Аналогичный вывод можно сделать, если рассмотреть структурные изменения, произошедшие с формой № 18, которая содержит сведения о санитарном состоянии субъекта РФ и данные которой также используются при моделировании причинно-следственных связей между показателями деятельности Роспотребнадзора, среды обитания и здоровьем населения. Существенное увеличение количества воздействующих факторов, характеризующих качество объектов среды обитания (питьевая вода, почва в жилой зоне) по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям, а также увеличение количества исследуемых в атмосферном воздухе веществ в зоне городских и сельских поселений может выявить дополнительные факторы воздействия на состояние здоровья населения и привести к возможному изменению устойчивости получаемых статистических моделей.

Выводы

1. Анализ вариативности форм ведомственной статистической отчетности Роспотребнадзора показал, что 2021–2022 гг. стали годами начала совершенствования и приведения в соответствие с законодательством ведомственных форм статистической отчетности.

2. В итоге всех пересмотров были расширены и детализированы данные о результатах контрольной (надзорной) деятельности, деятельности Службы в сфере защиты прав потребителей, состоянии подконтрольных объектов среды (питьевая вода, атмосферный воздух, почва) и др. Это позволяет более качественно анализировать влияние действий Роспотребнадзора на окружающую среду и здоровье населения.

3. Изменение форм статистической отчетности может приводить к нарушению во временных

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19>
Original Research Article

рядах многолетних данных о деятельности Роспотребнадзора и, соответственно, вносить коррективы в результаты проведенного моделирования и выполненных оценок.

В этой связи, с учетом ввода в структуры форм ведомственной статистики новых показателей, по мере накопления массива статистических данных необходимо запланировать перечень работ по проведению перемоделирования причинно-следственных связей между показателями, характеризующими деятельность Роспотребнадзора, качество среды обитания и здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А. Методические подходы к расчету фактических и предотвращенных медико-демографических и экономических потерь, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 7. С. 95-99. EDN VCKPXX
2. Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Костарев В.Г. Методические подходы к исследованию результативности и резервов управления в системе Роспотребнадзора по критериям предотвращенных потерь здоровья населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 2. С. 125-134. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-125-134
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А. Методические аспекты и результаты оценки демографических потерь, ассоциированных с вредным воздействием факторов среды обитания и предотвращаемых действиями Роспотребнадзора, в регионах Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4. С. 15-20. doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20.
4. Ермолаева С.В., Журавлев В.М., Смагин А.А., Липатова С.В. Система поддержки принятия решений для оценки воздействия факторов среды на здоровье населения на основе моделирования // Экология человека. 2016. № 3. С. 9-17. doi: 10.33396/1728-0869-2016-3-9-17
5. Гергет О.М., Кочегуров В.А. Выявление закономерностей динамических процессов на основе энергоинформационных технологий // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13. № 4. С. 32-37. EDN SXSKPF.
6. Цинкер М.Ю., Кирьянов Д.А., Клейн С.В. Статистическое моделирование для оценки влияния факторов среды обитания на индикаторные показатели здоровья населения Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 11 (248). С. 10-13. EDN RPJUWB.
7. Денисов Э.И., Еремин А.Л., Степанян И.В., Бодякин В.И. Вопросы измерения и оценки информационных нагрузок при умственном труде // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2013. № 10. С. 054-062. EDN RNBBZH.
8. Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М., Бабина С.В., Кучуков А.И. Каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 11. С. 27-36. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-27-36
9. Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Камалтдинов М.Р., Чигвинцев В.М. К оценке результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора, направленной на сохранение здоровья работающих // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 12. С. 807-814. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-12-807-814
10. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековшинина С.А., Сбоев А.С., Цинкер М.Ю. Оценка результативности и экономической эффективности контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора в сфере водоснабжения // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1188-1195. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1188-1195
11. Гайдаров Г.М., Алексеевская Т.И., Савиных Д.Ф., Жданова-Заплесвичко И.Г. Эффективность контрольной (надзорной) деятельности органов и организаций Роспотребнадзора субъекта Федерации: качество среды обитания и предотвращенные экономические потери // Профилактическая медицина-2023 : Сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 15-16 ноября 2023 года / Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2023. С. 12-18. EDN GLJYIY.
12. Ковалев Е.В., Занина М.Я., Моцкус А.В., Мусиенко С.А., Машдиева М.С. Региональные аспекты оценки результативности и эффективности риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью. 2024. № 2. С. 32-43. doi: 10.21668/health.risk/2024.2.03
13. Механтьев И.И., Масайлова Л.А., Цинкер М.Ю., Ласточкина К.С. Определение эффективности контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора на основе расчета рисков медико-демографических потерь на примере Воронежской области // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2017. № 70. С. 95-99. EDN ZVLMXX.
14. Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Istorik O.A., Stepanov E.G., Davletnurov N.KH., Efremov V.M. On assessment of Rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency in regions: assessment criteria being prevented economic losses caused by population morbidity and mortality and associated with negative impacts exerted by environmental factors // Health Risk Analysis. 2017. No. 3. P. 12-20. doi: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng.
15. Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1138-1144. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
16. Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Бабина С.В., Ситчихина Л.А. Исследование региональных возможных предотвращенных потерь здоровья в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора на основе каскадной модели // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 12. С. 85-94. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-12-85-94
17. Голева О.И. Оценка налоговых потерь от смертности и заболеваемости населения: подходы к оценке (на примере Пермского края) // Пермский финансовый журнал. 2016. № 1(14). С. 51-59. EDN XHMFFV.
18. Егоршин А.П., Полина Н.А. Об экономическом эффекте снижения уровня заболеваемости и инвалидности населения // Здравоохранение Российской Федерации. 2015. Т. 59. № 1. С. 22-25. EDN TIWIKR.
19. Козлова О.А., Нифантова Р.В., Макарова М.Н. Методические вопросы оценки экономического ущерба от смертности населения, занятого в экономике региона // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 2. С. 511-523. doi: 10.17059/2017-2-16

20. Суркова И.В., Лещук С.И. Расчет экономического ущерба от экологически обусловленной заболеваемости населения. Методические указания // Наука и образование: новое время. 2016. № 2(13). С. 62-73. EDN WADDTR.
21. Муканеева Д.К., Концевая А.В., Карамнова Н.С., Мырзаматова А.О., Худяков М.Б., Драпкина О.М. Экономический ущерб от недостаточного потребления овощей и фруктов в России // Экология человека. 2020. № 9. С. 28–35. doi: 10.33396/1728-0869-2020-9-28-35
22. Брутова А.С., Обухова О.В., Базарова И.Н. Экономические потери Российской Федерации от заболеваемости населения за 2012–2014 гг. // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2017. № 2(28). С. 44–48. EDN ZBQSUJ.
23. Трофимова М.В., Балабанова Л.А., Абдуллазянова Э.Р. Профилактические визиты как инструмент снижения рисков причинения вреда здоровью населения. В кн.: Актуальные вопросы профилактической медицины и санитарно-эпидемиологического благополучия населения: факторы, технологии, управление и оценка рисков: Сборник научных трудов. Специальный выпуск: по материалам межрегиональной научно-практической конференции. Нижний Новгород: Медиаль; 2022. С. 144–146. <https://elibrary.ru/ofkuqe>. EDN OFKUQE.
24. Худобородов А.И. Оценка результативности Роспотребнадзора по г. Москве по контролю за объектами коммунально-бытового назначения и средой обитания человека с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года. Том 2. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 307–318. EDN SDHOU.
25. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 563–568. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568
- REFERENCES**
1. Popova AYu, Zaytseva NV, May IV, Kir'yanov DA. Methodological approaches to the calculation of actual and prevented as a result of control and supervisory activities, medical-demographic and economic losses, associated with the negative impact of environmental factors. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(7):95–99. (In Russ.)
 2. Zaitseva NV, Kiryanov DA, Tsinker MYu, Kostarev VG. Methodical approach to the investigation of reserves in the performance and management in the system of Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being (Rospotrebnadzor) as according to prevented health losses in the population of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(2):125–134. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-125-134
 3. Zaitseva NV, May IV, Klein SV, Kiryanov DA. Methodological aspects and results of estimation of demographic loss associated with harmful influence of environment factors and preventive activities of Rospotrebnadzor in regions of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(4(301)):15–20. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20
 4. Ermolayeva SV, Zhuravlev VM, Smagin AA, Lipatova SV. Model-based decision support system for assessment of environmental factors impact on population health. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2016;(3):9–17. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2016-3-9-17
 5. Gerget OM, Kochegurov VA. Energy-information approach for finding dynamical process pattern. *Byulleten' Sibirskoy Meditsiny*. 2014;13(4):32–37. (In Russ.)
 6. Tsinker MYu, Kiryanov DA, Klein SV. Application of statistical modelling for the assessment of environment influence on the population health in Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2013;(11(248)):10–13. (In Russ.)
 7. Denisov EI, Eryomin AL, Stepanian IV, Bodyakin VI. Issues of measurement and estimation of information load at intellectual labour. *Neirokomp'yutery: Razrabotka, Primenenie*. 2013;(10):054–062. (In Russ.)
 8. Kiryanov DA, Kamaltdinov MR, Tsinker MYu, Chigvin tsev VM, Babina SV, Kuchukov AI. Cascade model for assessing and predicting health losses prevented through control and supervisory activities of Rospotrebnadzor. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):27–36. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-27-36
 9. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Kamaltdinov MR, Chigvintsev VM. On assessment of Rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency and effectiveness aimed at preserving the health of workers. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2021;61(12):807–814. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-12-807-814
 10. Zaitseva NV, Kleyn SV, Vekovshinina SA, Sboev AS, Tsinker MYu. On the evaluation of results and economic efficiency of control-supervisory activity of the Federal Service on Customers Rights Protection and Human Well-being Surveillance in the field of water supply. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(11):1188–1195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1188-1195
 11. Gaidarov GM, Alekseevskaya TI, Savinykh DF, Zhdanova-Zaplesvichko IG. [Effectiveness of the control (supervisory) activities of Rospotrebnadzor bodies and organizations of the subject of the Federation: Environmental quality and prevented economic losses.] In: *Preventive Medicine–2023: Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, November 15–16, 2023*. St. Petersburg: North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 2023:12–18. (In Russ.)
 12. Kovalev EV, Zanina MYa, Motskus AV, Musienko SA, Mashdieva MS. Regional aspects in assessment of performance and effectiveness of the risk-based model for control and surveillance activities in provision of sanitary-epidemiological wellbeing of the population. *Health Risk Analysis*. 2024;(2):32–43. doi: 10.21668/health.risk/2024.2.03.eng
 13. Mehantiev II, Masaylova LA, Tsinker MYu, Lastochkina KS. The evaluation of efficiency of Rospotrebnadzor's control supervision activity based on the risk estimation of medical demographic losses exemplified by the Voronezh region. *Nauchno-Meditsinskiy Vestnik Tsentral'nogo Chernozem'ya*. 2017;(70):95–99. (In Russ.)
 14. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Istorik OA, Stepanov EG, Davletnurov NKH, Efremov VM. On assessment of Rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency in regions: Assessment criteria being prevented economic losses caused by population morbidity and mortality and associated with negative impacts exerted by environmental factors. *Health Risk Analysis*. 2017;(3):12–20. doi: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng
 15. Zaitseva NV. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1138–1144. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-7-19>
Original Research Article

16. Kiryanov DA, Kamaltdinov MR, Babina SV, Sitchikhina LA. Cascade model-based study of potential regional health losses prevented through Rospotrebnadzor control and supervisory activities. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(12):85-94. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-12-85-94
17. Goleva OI. Evaluation of tax losses due to mortality and disease rate of population: Approaches of evaluation (on the example of Perm region). *Permskiy Finansovyy Zhurnal*. 2016;(1(14)):51-59. (In Russ.)
18. Egorshin AP, Polina NA. About economic effect of decreasing of level of morbidity and disability of population. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2015;59(1):22-25. (In Russ.)
19. Kozlova OA, Nifantova RV, Makarova MN. Methods of the assessment of economic losses caused by the mortality of the population employed in regional economy. *Ekonomika Regiona*. 2017;13(2):511-523. (In Russ.) doi: 10.17059/2017-2-16
20. Surkova IV, Leshchuk SI. [Calculation of economic damage from environmental diseases: Guidelines.] *Nauka i Obrazovanie: Novoe Vremya*. 2016;(2(13)):62-73. (In Russ.)
21. Mukaneeva DK, Kontsevaya AV, Karamnova NS, Myrzamatova AO, Khudyakov MB, Drapkina OM. Economic burden of insufficient consumption of vegetables and fruits in Russia. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(9):28-35. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-9-28-35
22. Brutova AS, Obukhova OV, Bazarova IN. Economic losses of the Russian Federation caused by the morbidity of population in 2012–2014. *Meditssinskie Tekhnologii. Otsenka i Vybor*. 2017;(2(28)):44-48. (In Russ.)
23. Trofimova MV, Balabanova LA, Abdullazyanova ER. [Preventive visits as a tool to reduce the risks of public health damage.] In: *Topical Issues of Preventive Medicine, Health and Epidemiological Safety of the Population: Factors, Technologies, Management and Risk Assessment: Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, June 7–8, 2022*. Nizhny Novgorod: Medial' Publ.; 2022:144-146. (In Russ.)
24. Khudoborodov AI. [Assessment of effectiveness and efficiency of activities of the Moscow Rospotrebnadzor Office on monitoring public utility facilities and environment to secure health and epidemiological safety of the population.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 with the International Meeting on Environment and Health Rise–2020 and the Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic University; 2020;2:307-318. (In Russ.)
25. Novikova YuA, Friedman KB, Fedorov VN, Kovshov AA, Tikhonova NA, Myasnikov IO. About the question of the assessment of the drinking water quality in centralized water systems in the current conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):563-568. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568

Сведения об авторах:

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник – заведующий отделом математического моделирования систем и процессов; e-mail: kda@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>.

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

Бабина Светлана Владимировна – старший научный сотрудник – заведующий лабораторией информационно-вычислительных систем и технологий; e-mail: bsv@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9222-6805>.

Цинкер Михаил Юрьевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления; e-mail: cinker@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>.

Информация о вкладе авторов: концепция, дизайн исследования: *Кирьянов Д.А.*; подготовка проекта рукописи, анализ и интерпретация результатов: *Ситчихина Л.А.*; сбор данных: *Бабина С.В.*; обработка данных: *Цинкер М.Ю.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 23.05.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликовано: 31.10.25

Author information:

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

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

Svetlana V. **Babina**, Senior Researcher, Head of the Information and Computing Systems and Technologies Laboratory; e-mail: bsv@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9222-6805>.

Mikhail Yu. **Tsinker**, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher, Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory; e-mail: cinker@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>.

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

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This study was supported by government research funding.

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

Received: May 23, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Опыт обоснования объектов квотирования по критериям вклада в неприемлемый аэрогенный риск здоровью населения в рамках федерального проекта «Чистый воздух»

И.В. Май¹, Е.В. Попова¹, Я.И. Вайсман^{1,2}

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

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Комсомольский пр-кт, д. 29, г. Пермь, 614990, Российская Федерация

Резюме

Введение. Федеральный проект «Чистый воздух» предполагает достижение существенного улучшения качества жизни населения в городах с высоким и очень высоким загрязнением атмосферы через механизм директивного квотирования выбросов.

Цель исследования: апробация алгоритма и математического аппарата по выбору объектов квотирования по критериям риска здоровью.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся г. Чита. Выполнены расчеты приземных концентраций более 100 химических примесей в 15 тысячах точек на селитебной территории (188 промышленных объектов, 28 тысяч источников автономного теплоснабжения, 391 участок улично-дорожной сети) с применением программы «Эколог-город». Проведена оценка канцерогенного, острого и хронического неканцерогенного риска здоровью по стандартизованной процедуре. В каждой точке и в целом по городу определены вклады каждого химического вещества и каждого субъекта в риск.

Результаты. Сформирован перечень из 29 хозяйствующих субъектов и иных источников выбросов, которые создают основную аэрогенную угрозу для жителей города и которые целесообразно включить в перечень квотируемых объектов. Для каждого объекта сформирован перечень химических веществ, в отношении которых целесообразна разработка мероприятий по снижению, в том числе в рамках директивного регулирования. Показано, что отсутствует обоснованность обязательного сокращения выбросов приоритетных веществ на всех объектах. При этом ряд объектов, исключаемых из квотирования, вносит существенные вклады в неприемлемые риски здоровью жителей. Целесообразно их включение в перечень нормируемых объектов.

Заключение. Целевое сокращение выбросов на объектах, вносящих наибольший вклад в нарушения гигиенических нормативов и риски здоровью, позволит наиболее результативно снизить угрозу для здоровья горожан. Представляется актуальным и обоснованным переход от директивного заданного снижения выбросов к адресному планированию воздухоохраных мероприятий. Количественные параметры требуемого снижения выбросов должны быть адекватны вкладам источников и химических веществ в загрязнение воздуха и неприемлемые риски для здоровья.

Ключевые слова: атмосферный воздух, риск здоровью, объекты квотирования, приоритетные вещества, федеральный проект «Чистый воздух».

Для цитирования: Май И.В., Попова Е.В., Вайсман Я.И. Опыт обоснования объектов квотирования по критериям вклада в неприемлемый аэрогенный риск здоровью населения в рамках федерального проекта «Чистый воздух» // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 20–29. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29

Experience in Substantiating Emission Quotas per Contributions Made to Unacceptable Airborne Health Risks within the Clean Air Federal Project

Irina V. May,¹ Ekaterina V. Popova,¹ Iakov I. Vaisman^{1,2}

¹ Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

² Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolsky Avenue, Perm, 614990, Russian Federation

Summary

Introduction: The Clean Air Federal Project aims at a significant improvement of the quality of life of the population residing in cities with high and very high ambient air pollution through the mechanism of mandatory emission quotation.

Objective: To test the algorithm and mathematical apparatus for selecting quota objects based on health risk criteria.

Materials and Methods: The study object was the city of Chita. Calculations of ground-level air concentrations of more than 100 chemicals at 15 thousand points of the residential territory (188 industrial facilities, 28 thousand sources of autonomous heat supply, 391 sections of the street network) using the “Ecologist–City” software were performed. Carcinogenic, acute and chronic non-carcinogenic health risks were assessed using a standardized procedure. At each point and in the city as a whole, contribution of each chemical and each subject to human health risks was determined.

Results: A list of 29 business entities and other emission sources contributing the most to the inhalation risk and recommended for inclusion in the list of quota objects has been formed. For each object, a list of chemicals has been created, in respect of which it is advisable to develop measures to reduce, including within the framework of directive regulation. It has been shown that there is no validity of the mandatory reduction of emissions of priority substances on all objects. At the same time, some objects excluded from quotation make significant contributions to unacceptable health risks. It is advisable to include them in the list of regulated facilities.

Conclusions: The targeted emission reduction at facilities making the greatest contribution to violations of hygienic standards and health risks will most effectively mitigate the threat to citizens' health. The transition from imposed emission reduction to the targeted planning of air protection measures appears both relevant and justified. Quantitative parameters of the required reduction in emissions should be adequate to the contributions of sources and chemicals to air pollution and unacceptable health risks.

Keywords: ambient air, health risk, quota facilities, priority pollutants, Clean Air Federal Project.

Cite as: May IV, Popova EV, Vaisman II. Experience in substantiating emission quotas per contributions made to unacceptable airborne health risks within the Clean Air Federal Project. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):20–29. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29>
Original Research Article

Введение. Федеральный проект «Чистый воздух»¹ реализуется в целях снижения выбросов опасных веществ в атмосферный воздух и улучшения качества жизни населения в городах с высоким и очень высоким загрязнением атмосферы [1, 2]. Достижение цели обеспечивается применением нового механизма государственного регулирования выбросов – системы квотирования². Квоты выбросов устанавливаются на основе сводных расчетов рассеивания примесей от совокупности источников на территории с учетом допустимых вкладов в приземную концентрацию загрязняющих веществ и/или целевых показателей снижения выбросов приоритетных веществ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду³.

Предприятиям, которые включены в перечень квотируемых объектов на территориях первых 12 городов, вошедших в федеральный проект «Чистый воздух» в 2019 г., необходимо снизить объемы выбросов приоритетных веществ. Критерии – достижение в приземном слое установленных гигиенических нормативов (для примесей с зафиксированными превышениями), либо снижение выбросов на 20 % для примесей, по которым не установлены превышения ПДК, но которые отнесены к приоритетным загрязняющим веществам [3, 4]. Данный подход рассматривается рядом исследователей как недостаточно обоснованный [5–7]. В ряде случаев, когда уровень риска здоровью характеризуется как «очень высокий», 20%-го снижения выбросов может оказаться недостаточно для достижения безопасного качества среды обитания. В отдельных случаях (когда объекты не формируют вкладов в неприемлемые уровни риска, например, располагаясь на значительном удалении от жилой застройки) императивное требование по снижению выбросов, ложится бременем на хозяйствующие субъекты, являясь избыточным и малоэффективным [8, 9]. При этом на текущий момент нормативно-правовая база системы квотирования не предполагает расчетной или инструментальной верификации результативности или достаточности директивного снижения выбросов на заданную величину, в том числе по критериям риска для здоровья.

В рамках проведения эксперимента по квотированию выбросов Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека наделена полномочиями по оценке риска здоровью, при которой выявляются приоритетные вещества и формируется перечень квотируемых объектов. В рамках реализаций своих полномочий Роспотребнадзор разработал методику, включающую алгоритм и математические модели для обоснования квот. Эти подходы учитывают соблюдение гигиенических нормативов и оценку рисков для здоро-

вья применительно к предприятиям, включенным в перечень квотируемых объектов⁴ [10].

Цель исследования заключалась в апробации алгоритма и математического аппарата по выбору объектов квотирования по критериям риска здоровью на примере одного из городов, включенных в федеральный проект «Чистый воздух».

Материалы и методы. Объектом исследования являлся город Чита. Населенный пункт расположен в котловинной части у подножия сопкок, на берегах реки Читы, и характеризуется резко континентальным климатом. В структуре промышленного производства ведущими отраслями являются энергетика и пищевая промышленность. Население города на 1 января 2025 года составляет 337 063 чел.

В сводной базе данных об источниках загрязнения атмосферы города учтено 188 промышленных объектов (1203 источника выбросов пылегазовых смесей) и более 28 тысяч автономных источников теплоснабжения – печей и котлов частного сектора, где в качестве топлива используются уголь (90 %) и дрова (10 %). Улично-дорожная сеть представлена 391 участком. Движущийся по дорогам автотранспорт рассматривали как источник выбросов.

В целом от указанных источников в воздух города ежегодно поступает около 103 тыс. тонн химических веществ более 100 наименований.

Превышения гигиенических нормативов по данным сводных расчетов зафиксированы по следующим 6 химическим веществам – компонентам выбросов: азота диоксид (до 2,77 ПДК_{мр}); серы диоксид (1,2 ПДК_{мр}), углерода оксид (до 1,59 ПДК_{мр}), угольная зола (до 1,38 ПДК_{мр}); бенз(а)пирен (до 7,6 ПДК_{сг}), пыль неорганическая с содержанием 70–20 % SiO₂ – (до 3,16 ПДК_{мр}) [11].

Суммарное однонаправленное действие веществ создает для здоровья жителей неприемлемые уровни неканцерогенного риска формирования нарушений при кратковременном воздействии функций: органов дыхания (до 28,3 НI), иммунной системы (более 26,8 НI), возникновения и развития системных нарушений здоровья (более 27,3 НI). В условиях длительного влияния формируются уровни неприемлемого хронического риска заболеваний органов дыхания (до 3,74 НI) и нарушений процессов развития (до 23,9 НI) [12].

Вклад в 90 % неприемлемого риска формировали как примеси, по которым зарегистрированы превышения ПДК, так и химические вещества, по которым нарушения гигиенических нормативов по данным расчетов не установлены. К категории «приоритетные» (опасные) отнесены 17 веществ – компонентов выбросов: кроме указанных выше в этот список вошли азота оксид, бензол, взвешенные вещества, сероводород, натрий гидроксид,

¹ Паспорт федерального проекта «Чистый воздух». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://base.garant.ru/401533498> (дата обращения: 15.08.2025).

² Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». <https://base.garant.ru/72330088/> (дата обращения: 15.07.2025).

³ Правила квотирования выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух» Утверждены приказом Минприроды России от 29.11.2019 № 814.

⁴ МР 2.1.6.0320–23 «Порядок определения перечня приоритетных загрязняющих веществ и перечня квотируемых объектов с обоснованием оптимальных направлений регулирующих воздействий по минимизации аэрогенных рисков здоровью населения». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 36 с.

проп-2-е-наль, пыль древесная, пыль зерновая, тетрахлорэтилен, углерод (пигмент черный) и формальдегид. Перечень этих веществ утвержден письмом Руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека⁵.

Выбор объектов для квотирования по критериям достижения ПДК в данном исследовании не рассматривали. Такие объекты выбираются по уровням вклада в превышения гигиенических нормативов в соответствии с алгоритмом, предусмотренным «Правилами квотирования выбросов загрязняющих веществ...»⁶.

Для определения потенциально квотируемых объектов по критериям риска 15 126 расчетных точек располагали в геометрических центрах зданий и сооружений жилой застройки. Это позволило максимально полно учесть воздействие выбросов предприятий, автономных источников теплоснабжения и объектов автотранспорта на жителей города. При оценке вкладов учитывали объекты, формирующие суммарно 90 % и более вклада в неприемлемый уровень риска здоровью.

При оценке экспозиции использовали результаты расчетов рассеивания, полученных с использованием программного комплекса «Эколог-город» версия 4.60.1 с блоком расчета «Средние», а также параметров сводной базы источников выбросов на 2017 год. Программы реализуют утвержденные приказом Минприроды от 6 июня 2017 года № 273 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»⁷. Суммарные выбросы по городу на 2017 г. рассматриваются как базовые, относительно которых оценивается результативность и эффективность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух», реализуемых в том числе на квотируемых объектах.

Вклады каждого объекта в уровень риска здоровья оценивали единообразно как взвешенное среднее значение вкладов предприятия в точках. В соответствии с формулой (1) оценивали вклад отдельного объекта (предприятия, автотранспорта) в показатель неканцерогенного риска

$$\delta_j^k = \frac{\sum_i HQ_i^k \cdot \delta_{i,j}^k}{\sum_i HQ_i^k} \quad (1)$$

где:

δ_j^k – вклад j -го предприятия в индекс опасности в k -й точке;

HQ_j^k – значение коэффициента опасности в k -й точке;

$\delta_{i,j}^k$ – вклад j -го предприятия в загрязнение атмосферного воздуха в k -й точке по i -му веществу.

Расчет вкладов проводили для каждой точки в отношении всех критических органов и систем.

Интегральную оценку вкладов отдельных объектов в показатели риска здоровью населения в целом по городу выполняли через взвешенное осреднение по всем точкам (2):

$$\delta_j = \frac{\sum_k N^k \cdot HI^k \cdot \delta_j^k}{\sum_k N^k \cdot HI^k} \quad (2)$$

где:

δ_j – вклад j -го предприятия в индекс опасности по совокупности точек;

HI^k – индекс опасности в k -й точке;

N^k – взвешивающий параметр, характеризующий объем k -й точки (количество объектов, вносящих вклад, численность населения).

Выделение приоритетных предприятий-источников проводили только в зонах с неприемлемым уровнем риска здоровья отдельно для каждого критического органа или системы. По результатам оценки вкладов в уровни неприемлемого риска здоровью в целом по городу обосновывали перечни объектов, подлежащих квотированию. Параллельно для каждого потенциально квотируемого объекта были определены химические вещества, которые формировали вклад предприятия в неприемлемый уровень риска здоровью.

Результаты. Расчет рисков с учетом экспозиции, которую формировали отдельные хозяйствующие субъекты и/или иные источники выбросов, позволил определить основных вкладчиков в неприемлемые уровни риска здоровью и количественно оценить эти вклады (табл. 1).

В итоге был сформирован перечень из 29 хозяйствующих субъектов и иных источников выбросов, которые создают основную аэрогенную угрозу для жителей города и которые целесообразно включить в перечень квотируемых объектов. Наиболее значимыми источниками неблагоприятного воздействия на жителей г. Чита являются автономные источники теплоснабжения (АИТ), автотранспорт, объекты энергетики (T^* и T^{**}), В*, автозаправочные станции, которые расположены в непосредственной близости к жилым домам и пр. Из представленных результатов расчетов видно, что разные виды риска формируются разными источниками и вклад этих источников неодинаков. Целевое сокращение выбросов именно на данных объектах позволит наиболее результативно снизить угрозу для здоровья горожан.

Не все приоритетные вещества, выбрасываемые тем или иным хозяйствующим субъектом, вносят равный вклад в неприемлемый риск для здоровья. Так, установлено, что канцерогенный риск, формируемый в селитебной зоне города приземными концентрациями бенз(а)пирена, почти полностью является следствием влияния автономных источников теплоснабжения; риски, формируемые диоксидом

⁵ Письмо Роспотребнадзора от 21.12.2020 № 02/260992-2020-23 «Об определении приоритетных загрязняющих веществ для территорий эксперимента (г. Магнитогорск, г. Омск, г. Чита, г. Медногорск, г. Новокузнецк).

⁶ Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 814 (ред. от 28.04.2023) «Об утверждении правил квотирования выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух» (Зарегистрировано в Минюсте России 24.12.2019 № 56956).

⁷ Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734). [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_222765/

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29
Original Research Article

Таблица 1. Фрагмент результатов оценки вкладов отдельных хозяйствующих субъектов и компонентов их выбросов в неприемлемый уровень риск здоровью населения

Table 1. Some results of assessing contributions of select economic entities and components of their emissions to unacceptable health risk levels

Вид риска здоровью / Type of health risk	Объекты и приоритетные примеси, формирующие неприемлемый риск здоровью населения / Objects and priority chemicals creating unacceptable health risks		
	Источники выбросов / Emission sources	Суммарный вклад в риск, % / Total contribution to risk, %	Компоненты выбросов, формирующие вклад более 90 % в пределах объекта / Emission components creating a contribution exceeding 90 % within an object
Канцерогенный риск (4,5×10E-04) / Carcinogenic risk (4.5×10E-04)	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomously heat supply sources	51,66	Бенз(а)пирен (100) / Benzo(a)pyrene (100)
	Р* / R*	12,6	Бенз(а)пирен (100) / Benzo(a)pyrene (100)
	ПАО Т*, Пл. 10 / Н* PJSC, site 10	5,90	Углерод (пигмент черный) / Carbon black
	ОАО И* / I* JSC	4,68	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (97,2)
	ПАО Т*, Пл. 18 / Н* PJSC, site 18	4,08	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (92,5)
	С* / C*	3,79	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (99,2)
	ПАО Т*, Пл. 3. / Н* PJSC, site 3	2,74	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (98,2)
	ООО С* / S* LLC	2,57	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (90,3)
	ПАО Т*, Пл. 14 / Н* PJSC, site 14	2,44	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (98,4)
	К* / B*	2,30	Углерод (пигмент черный) / Carbon black (100)
Автотранспорт / Motor transport	2,25	Формальдегид / Formaldehyde (72)	
Острый неканцерогенный риск формирования болезней органов дыхания (до 28,7 НИ) / Acute non-carcinogenic risk of respiratory diseases (up to 28.7 NI)	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomously heat supply sources	60,51	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (79,8); сера диоксид (17,9); азота диоксид (1,7) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (79.8); sulfur dioxide (17.9); nitrogen dioxide (1.7)
	ПАО Т* / Н* PJSC	13,84	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (56,6); сера диоксид (17,7); азота диоксид (11,9); Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: – менее 20 (8,2 %); азота оксид (1,2); фтористые соединения (0,01) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (56.6); sulfur dioxide (17.7); nitrogen dioxide (11.9); Inorganic dust containing silicon dioxide, in %: < 20 (8.2 %); nitrogen oxide (1.2); fluorides (0.01)
	Автотранспорт / Motor transport	8,96	Азота диоксид (88,6); азота оксид (9,4); формальдегид (1,8) / Nitrogen dioxide (88.6); nitrogen oxide (9.4); formaldehyde (1.8)
	В* / C*	4,49	Взвешенные вещества (78,9); натрий гидроксид (13,0); проп-2-ен-1-аль (2,0); пыль абразивная (1,1) / Particulate matter (78.9); sodium hydroxide (13.0); prop-2-el-1-al (2.0); abrasive dust (1.1)
	ПАО Т** / Н** PJSC	1,98	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (69,5); азота диоксид (19,6); сера диоксид (5,6); пыль древесная (2,35); азота оксид (2,1); пыль абразивная (1,1) / Inorganic dust containing silicon dioxide, in %: 70–20 (69.5), nitrogen dioxide (19.6); sulfur dioxide (5.6); wood dust (2.35); nitrogen oxide (2.1); abrasive dust (1.1)
	К** / B**	1,21	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (92,1); сера диоксид (6,1) / Inorganic dust containing, silica, in %: 70–20 (92.1); sulfur dioxide (6.1)

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

Вид риска здоровью / Type of health risk	Объекты и приоритетные примеси, формирующие неприемлемый риск здоровью населения / Objects and priority chemicals creating unacceptable health risks		
	Источники выбросов / Emission sources	Суммарный вклад в риск, % / Total contribution to risk %	Компоненты выбросов, формирующие вклад более 90 % в пределах объекта / Emission components creating a contribution exceeding 90 % within an object
Острый неканцерогенный риск формирования болезней крови и иммунной системы (до 26,8 HI) / Acute non-carcinogenic risk of diseases of the blood and immune system (up to 26.8 HI)	ООО М* / М* LLC	31,85	Бензол (99,9) / Benzene (99.9)
	ООО С* / С* LLC	18,78	Бензол (99,9) / Benzene (99.9)
	ПАО Н* А* 1, 2, 3, 7, 10, 67, 80, 117, 118 / Н* JSC, С* 1, 2, 3, 7, 10, 67, 80, 117, 118	35,21	Бензол (99,9) / Benzene (99.9)
	АЗС К* / Gas station К*	2,47	Бензол(100) / Benzene (100)
	ПАО Т* Пл.19 / Н* PJSC, site 19	1,67	Бензол (100) / Benzene (100)
	ООО М** / М** LLC	1,59	Бензол (100) / Benzene (100)
Острый неканцерогенный риск формирования системных нарушений (до 27,3 HI) / Acute non-carcinogenic risk of systemic disorders (up to 27.3 HI)	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomous heat supply sources	64,56	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (99,5) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (99.5)
	Т* / Т*	11,94	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (86,7); пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: менее 20 (12,7) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (86.7); Inorganic dust containing, silica, in %: < 20 (12.7)
	В* / С*	5,11	Взвешенные вещества (92,1); угольная зола (3,8); пыль древесная (2,8) / Particulate matter (92.1); coal ash (3.8); wood dust (2.8)
	ООО З* / З* LLC	4,24	Угольная зола (100) / Coal ash (100)
	Т** / Т**	1,90	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (96,5) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (96.5)
	И* / С*	1,69	Угольная зола (68,8); пыль древесная (31,15) / Coal ash (68.8), wood dust (31.15)
	К* / В*	1,50	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (98,3) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (98.3)
Хронический риск формирования развития (до 23,9 HI) / Chronic risk of development disorders (up to 23.9 HI)	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomous heat supply sources	95,0	Углерода оксид (100) / Carbon oxide (100)
Хронический риск формирования болезней органов дыхания (до 3,76 HI) / Chronic respiratory risk (up to 3.76 HI)	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomous heat supply sources	81,73	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (64,8); сера диоксид (31,8) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (64.8), sulfur dioxide (31.8)
	Автотранспорт / Motor transport	12,19	Азота диоксид (85,31); азот (II) оксид (13,9) / Nitrogen dioxide (85.31); nitrogen (II) oxide (13.9)
	ПАО Т* / Н* JSC	1,51	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 (66,0); сера диоксид (21,6) / Inorganic dust containing silica, in %: 70–20 (66.0), sulfur dioxide (21.6)

азота, более чем на 64 % определяются выбросами автотранспорта города. Риски при воздействии серы определяются выбросами печей частного сектора (вклад 75 %) и предприятиями ТЭК (17 %).

С целью установления конкретного вектора управления выбросами для каждого объекта сформирован перечень химических веществ, в отношении которых целесообразна разработка мероприятий

по снижению, в том числе в рамках директивного регулирования (табл. 2).

Так, для предприятий ТЭК актуальным по критериям риска является снижение выбросов пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в %: – 20–70 %; серы диоксида, азота диоксида и азота оксида, пыли неорганической с содержанием двуокиси кремния до 20 %. Для достижения

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29>
Original Research Article

Таблица 2. Основные источники и компоненты выбросов на территории г. Читы, вносящие более 90 % вклада в неприемлемые уровни риска здоровью населения по расчетным данным

Table 2. Basic emission sources and components in Chita making more than estimated 90 % contribution to unacceptable health risks levels

№	Источник выбросов / Emission sources	Вещества, выбросы которых подлежат снижению / Chemical emissions to be reduced
1	Автономные источники теплоснабжения (АИТ) / Autonomus heat supply sources	Азота оксид; азота диоксид; углерода оксид; сера диоксид; бенз(а)пирен; пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20; зола угольная / Nitrogen oxide; nitrogen dioxide; carbon oxide; sulfur dioxide; benzo(a)pyrene; Inorganic dust containing silicon dioxide, in %: 70–20; coal ash
2	Ч* / С*	Натрий гидроксид; азота оксид; азота диоксид; Углерод (пигмент черный); сера диоксид; пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 / Sodium hydroxide; nitrogen oxide; nitrogen dioxide; carbon black; sulfur dioxide; inorganic dust containing silicon dioxide, in %: 70–20
3	ООО М* / М* LLC	Бензол / Benzene
4	Филиал Ч*, Пл.10 / С*, Branch PJSC, site 10	Азота оксид; азота диоксид; Углерод (пигмент черный) / Nitrogen oxide; nitrogen dioxide; carbon black
5	В* / С*	Углерода оксид; тетрахлорэтилен; взвешенные вещества / Carbon oxide; tetrachloroethylene; particulate matter
6	ОАО И* / I* JSC	Углерод (пигмент черный) / Carbon black
7	К* / В*	Углерод (пигмент черный) сера диоксид; пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 / Carbon black; inorganic dust containing silicon dioxide, in %: 70–20
8–13	ПАО Н* А* 2, 4, 7, 60, 67, 80 / Н* PJSC, S* 2, 4, 7, 60, 67, 80	Бензол / Benzene
14	ПАО Т*, Пл.19 / Н* PJSC, site 19	Бензол; пыль древесная / Benzene; wood dust
15	С* / Р*	Бензол; пыль древесная; зола угольная / Benzene; wood dust; coal ash
16	Ч** / С**	Азота оксид; азота диоксид; углерод (пигмент черный); сера диоксид, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20 / Nitrogen oxide; nitrogen dioxide; carbon black; sulfur dioxide, inorganic dust containing silicon dioxide, in %: 70–20
17	Автотранспорт / Motor transport	Азота оксид; азота диоксид / Nitrogen oxide; nitrogen dioxide
18	ООО З* / Z* LLC	Зола угольная / Coal ash
19	ООО С* / S* LLC	Бензол / Benzene
20	ООО К* / В* LLC	Пыль зерновая / Grain dust
21	ООО И* / I* LLC	Бензол / Benzene
22–25	ПАО Н* А* 1, 3, 117, 118 / Н* PJSC, S* 1, 3, 117, 118	Бензол / Benzene
26	ООО М** / М** LLC	Бензол / Benzene
27	ООО И** / I** LLC	Бензол / Benzene
28	Филиал Р*, Пл.1 / Branch of R*, site 1	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene
29	ООО Е* / E* LLC	Тетрахлорэтилен / Tetrachloroethylene

приемлемого риска здоровью жителей предприятию ОАО И* необходимо снижать выбросы углерода (пигмент черный), для ПАО Н* – выбросы бензола и т. п.

Полученные данные важны как для самих хозяйствующих субъектов, так и для регуляторов, поскольку позволяют оценивать адекватность планов воздухоохраных мероприятий как отдельных объектов, так и города в целом с позиций влияния на риски здоровью. Оценка необходимых уровней снижения выбросов на каждом объекте и достижения приемлемого уровня риска в целом по городу требует разработки отдельного алгоритма, в том

числе учитывающего технологическую связанность веществ в составе выбросов, технические и иные возможности хозяйствующих субъектов.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о существенном различии во вкладах отдельных источников в неприемлемые уровни риска здоровью. Предлагаемые Роспотребнадзором подходы к определению перечней котируемых объектов ориентированы на получение информации о приоритетных вкладчиках в риски для здоровья и могут рассматриваться как база для разработки целевых мер по охране атмосферного воздуха, наиболее эффективных по заданным критериям.

Важно отметить, что в развитых странах подходы к государственному регулированию выбросов, основанному на учете угроз, опасностей и рисков для здоровья также применяются очень широко [13–16]. В ряде отечественных публикаций отражен опыт применения дифференцированного подхода к управлению качеством атмосферного воздуха и ассоциированными с этим качеством рисками здоровью населения [17–19].

Вместе с тем, согласно действующему законодательству, объекты, имеющие в составе выбросов приоритетные вещества, обязаны снижать массу этих компонентов в составе пылегазовых смесей на 20 %. Таким образом, все хозяйствующие субъекты Читы, которые содержат в выбросах приоритетные примеси, должны разрабатывать и реализовать мероприятия по снижению на 20 % каждой примеси с учетом, что в случаях превышения ПДК/ОБУВ для отдельных веществ разработаны меры по достижению гигиенических нормативов.

Несомненно, ориентация всех предприятий и организаций города на заданное снижение выбросов не может не сказаться на улучшении качества среды обитания населения. Однако результативность директивно закреплённого алгоритма подлежит верификации. Росприроднадзор и подведомственные ему организации разрабатывают сводные базы данных по источникам города с учетом всех мероприятий по достижению квот выбросов, что позволит выполнить такую верификацию. Однако на текущий момент такие сводные базы данных для расчетов и оценки остаточного риска недоступны. Многие хозяйствующие субъекты еще продолжают разрабатывать мероприятия и изыскивать средства для их реализации.

При этом нельзя не принимать во внимание факт, что автономные источники теплоснабжения и автотранспорт не являются объектами экологического нормирования и квотирования и могут продолжать оставаться источниками загрязнения. Как следствие, существует вероятность того, что директивное снижение выбросов на объектах, которые не вносят существенного вклада в риски здоровью, не обеспечит требуемого уровня безопасности населения (безопасность в данном контексте рассматривается как отсутствие недопустимого риска здоровью населения). Дополнительным фактором тревоги является исключение из перечней квотируемых тех объектов, выбросы которых составляют менее 10 тонн/год. Ряд таких объектов (например, автозаправочные станции) расположен в непосредственной близости к жилым зданиям и в определенных ситуациях (неблагоприятные метеоусловия, наличие нескольких однонаправленно действующих веществ в составе выбросов и т. п.) может формировать неприемлемые риски для здоровья.

В этой связи расчет и оценка остаточного риска после реализации воздухоохраных мероприятий является процедурой актуальной, соответствующей интересам граждан и лиц, принимающих решения в сфере охраны здоровья населения и среды обитания [20]. Не менее важным и информативным

с точки зрения развития системы квотирования является оценка экономической составляющей, в том числе через подходы «затраты – выгоды», где в качестве выгод могут рассматриваться предотвращенные риски здоровью или предотвращенные медико-демографические потери населения [21].

Достижение квот выбросов, обеспечивающих приемлемые уровни риска здоровью, повысит социальную значимость проекта и позволит получить реальные позитивные эффекты в состоянии здоровья населения в виде сокращения смертности и заболеваемости населения [21, 22]. Достижение уровней приемлемого риска обеспечивает среди прочего и высокую степень удовлетворенности населения качеством среды обитания и деятельностью органов государственной и местной власти [23, 24]. Представляется, что именно на эту задачу – достижение безопасной среды обитания (где отсутствует риск для здоровья) – и направлен проект «Чистый воздух».

Заключение. Подходы, закреплённые в методических рекомендациях Роспотребнадзора, позволяют в целом для населения города, включенного в федеральный проект «Чистый воздух», обосновать по критериям вклада в неприемлемые уровни риска здоровью перечни объектов квотирования, выполнение воздухоохраных мероприятий на которых может быть наиболее результативна с позиций охраны здоровья населения. Опыт реализации подходов на примере г. Читы свидетельствует о значительной дифференциации источников выбросов по вкладам в уровни риска здоровью.

При условии перспективного распространения инструментов квотирования на всю территорию страны в целом представляется актуальным и обоснованным переход от директивно заданного снижения выбросов к выработке алгоритмов и методов, существенно повышающих адресность планирования воздухоохраных мероприятий и дающих количественные параметры требуемого снижения выбросов, адекватного вкладам источников и химических веществ в неприемлемые риски для здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марцынковский О.А., Двинянина О.В., Васькина А.А., Романов А.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни // Стандарты и качество. 2022. № 3. С. 93–95. EDN: ЮНАТУ.
2. Гриневский А.М. Федеральный Проект «Чистый Воздух» // Черные металлы. 2021. № 10. С. 76–77.
3. Лукин А.Ю., Гилёва Т.Е., Костылева Н.В. К вопросу о квотировании выбросов предприятий в атмосферный воздух. В сб. Современные проблемы экологии. XXIV международная научно-практическая конференция. 2020. С. 107–113.
4. Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Сеницына О.О. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте «Чистый воздух» в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 890–896. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29>
Original Research Article

5. Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? // Экологический вестник России. 2020. № 3. С. 58–68.
6. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01
7. Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 16–27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02
8. Старова Е.В. Неэффективные расходы в сфере охраны атмосферного воздуха // Право и экономика. 2020. № 2 (384). С. 77–81.
9. Старова Е.В. Баланс социальных, экологических и экономических интересов как предпосылка совершенствования правового регулирования в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов. В сборнике: Социально-экономическое развитие и качество правовой среды. Сборник докладов VIII Московского юридического форума (XIX Международная научно-практическая конференция): в 5 ч. Москва, 2021. С. 261–262.
10. Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Горяев Д.В. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2022. № 4. С. 4–17. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.01
11. Клейн С.В., Попова Е.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Читы – приоритетной территории федерального проекта «Чистый воздух». Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 16–22.
12. Попова Е.В., Вековщина С.А. Оценка динамики ингаляционного риска здоровью населения Читы в ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух». В сборнике: Анализ риска здоровью – 2024. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах. Пермь, 2024. С. 174–182.
13. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: WHO; 2016. Дата обращения: 18.09.2025. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1
14. Faridi S, Krzyzanowski M, Cohen AJ, et al. Ambient air quality standards and policies in Eastern Mediterranean countries: A review. *Int J Public Health*. 2023;68:605352. doi: 10.3389/ijph.2023.1605352
15. Chen F, Zhang W, Mfarrej MFB, et al. Breathing in danger: Understanding the multifaceted impact of air pollution on health impacts. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2024;280:116532. doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.116532
16. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Neville T, Bos R, Neira M. Diseases due to unhealthy environments: An updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *J Public Health (Oxf)*. 2017;39(3):464–475. doi: 10.1093/pubmed/fdw085
17. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А., Андришунас А.М., Чигвинцев В.М., Балашов С.Ю. Оптимизация регулирующих воздействий на основе дифференцированного подхода к управлению качеством атмосферного воздуха и риском здоровью населения // Анализ риска здоровью. 2024. № 1. С. 4–17.
18. Андришунас А.М., Балашов С.Ю. Прогнозная оценка результативности воздухоохранного мероприятия на объектах теплоэнергетического комплекса. В сборнике: Анализ риска здоровью – 2024. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах. Пермь, 2024. С. 121–126.
19. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36.
20. Крига А.С., Никитин С.В., Овчинникова Е.Л., Плотникова О.В., Колчин А.С., Черкашина М.Н., Винокурова И.Г., Дунаева М.А. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории города Омска // Анализ риска здоровью. 2020. № 4. С. 31–45.
21. WHO Regional Office for Europe, OECD. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2015. Дата обращения: 18.09.2025 г. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/350716/WHO-EURO-2015-4102-43861-61759-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. Антипанова А.Н., Кошкина В.С. Социальный «ущерб» канцерогенного риска здоровью населения крупного центра черной металлургии в системе социально-гигиенического мониторинга // Известия Челябинского научного центра. 2007. Т. 36. № 2. С. 101–105.
23. Лебедева-Несевря Н.А., Леушина А.В. Удовлетворенность населения состоянием окружающей среды как ключевой показатель нацпроекта «Экология» // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. 2020. Т. 2. С. 296–300.
24. Барг А.О., Лебедева-Несевря Н.А., Корнилицына М.Д. Методические подходы к оценке субъективного восприятия риска населением при воздействии загрязнения атмосферного воздуха на здоровье // Анализ риска здоровью. 2022. № 2. С. 28–37. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.03

REFERENCES

1. Martsinkovskiy OA, Dvinyanina OV, Vas'kina AA, Romanov AV. Federal project “Clean Air”: A new standard of living. *Standarty i Kachestvo*. 2022;(3):93-95. (In Russ.)
2. Grinevsky AM. [Clean Air Federal Project.] *Chernye Metally*. 2021;(10):76-77. (In Russ.)
3. Lukin AU, Gileva TE, Kostyleva NV. [On quoting of ambient emissions of enterprises.] In: *Current Problems of Ecology: Proceedings of the XXIV International Scientific and Practical Conference, Tula, February 17, 2020*. St. Petersburg: Naukoemkie Tekhnologii Publ.; 2020:107–113. (In Russ.)
4. Kuzmin SV, Avaliani SL, Dodina NS, Shashina TA, Kislicin VA, Sinitsyna OO. The practice of applying health risk assessment in the Federal Project “Clean Air” in the participating cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): Problems and prospects. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(9):890–896. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896
5. Revich BA. How effective is “Clean air for health in 12 cities” project? *Ekologicheskij Vestnik Rossii*. 2020;(3):58–68. (In Russ.)

6. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within "Pure air" federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):4-13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01.eng
7. Revich BA, Kharkova TL, Kvasha EA. Selected health parameters of people living in cities included into "Clean air" Federal project. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):16-27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02.eng
8. Starova EV. Inefficient costs of air protection. *Pravo i Ekonomika*. 2020;(2(384)):77-81. (In Russ.)
9. Starova EV. [The balance of social, environmental, and economic interests is a prerequisite for improving legal regulation in the field of environmental protection and the use of natural resources]. In: *Socio-Economic Development and Quality of the Legal Environment: Proceedings of the VIII Moscow Legal Forum (XIX International Scientific and Practical Conference), Moscow, April 8–10, 2021*. Moscow: Kutafin University Publ.; 2021;(Pt 5):261-262. (In Russ.)
10. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA, Goryaev DV. Scientific substantiation of priority chemicals, objects for setting quotas and trends in mitigating airborne public health risks within activities performed by the sanitary service of the Russian Federation. *Health Risk Analysis*. 2022;(4):4-17. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.01.eng
11. Kleyn SV, Popova EV. Hygienic assessment of ambient air quality in Chita, a priority area of the Federal Clean Air Project. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(12(333)):16-22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22
12. Popova EV, Vekovshinina SA. [Assessment of the dynamics of inhalation risk to the health of the Chita population during the implementation of the Clean Air Federal Project.] In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 15–16, 2024*. Perm: Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; 2024;1:174-182. (In Russ.)
13. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M. *Preventing Disease Through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks*. Geneva: WHO; 2016. Accessed September 18, 2025. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1
14. Faridi S, Krzyzanowski M, Cohen AJ, et al. Ambient air quality standards and policies in Eastern Mediterranean countries: A review. *Int J Public Health*. 2023;68:605352. doi: 10.3389/ijph.2023.1605352
15. Chen F, Zhang W, Mfarrej MFB, et al. Breathing in danger: Understanding the multifaceted impact of air pollution on health impacts. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2024;280:116532. doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.116532
16. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Neville T, Bos R, Neira M. Diseases due to unhealthy environments: An updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *J Public Health (Oxf)*. 2017;39(3):464-475. doi: 10.1093/pubmed/fdw085
17. Zaitseva NV, Kleyn SV, Kiryanov DA, Andrishunas AM, Chigvintsev VM, Balashov SYu. Optimization of regulatory actions based on a differentiated approach to managing ambient air quality and health risks. *Health Risk Analysis*. 2024;(1):4-17. doi: 10.21668/health.risk/2024.1.01.eng
18. Andrishunas AM, Balashov SYu. [Forecast assessment of the effectiveness of air protection measures at thermal power plants.] In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 15–16, 2024*. Perm: Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; 2024;1:121-126. (In Russ.)
19. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30-35. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03.eng
20. Kriga AS, Nikitin SV, Ovchinnikova EL, et al. On implementation of "Clean air" Federal project in Omsk. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):32-46. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04.eng
21. WHO Regional Office for Europe, OECD. *Economic Cost of the Health Impact of Air Pollution in Europe: Clean Air, Health and Wealth*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2015. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/350716/WHO-EURO-2015-4102-43861-61759-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 18.09.2025).
22. Antipanova AN, Koshkina VS. [Social "damage" of the carcinogenic risk to population health in a major steel-making center in the system of public health monitoring.] *Izvestiya Chelyabinskogo Nauchnogo Tsentra UrO RAN*. 2007;(2):46-50. (In Russ.)
23. Lebedeva-Nesevrya NA, Leukhina AV. [Public satisfaction with environmental conditions as a key indicator of the National Ecology Project.] In: Popova AYu, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 with the International Meeting on Environment and Health Rise–2020 and the Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic University; 2020;2:296-300. (In Russ.)
24. Barg AO, Lebedeva-Nesevrya NA, Kornilitsyna MD. Methodical approaches to assessing subjective health risk perception by population under exposure to ambient air pollution. *Health Risk Analysis*. 2022;(2):28-37. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.03.eng

Сведения об авторах:

✉ Май Ирина Владиславовна – д.б.н., профессор, главный научный сотрудник, советник директора ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

Попова Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории методов социально-гигиенического мониторинга ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: Popova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8762-7038>.

Вайсман Яков Иосифович – д.м.н., профессор кафедры «Охрана окружающей среды» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»; e-mail: eco@pstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-030X>.

Информация о вкладе авторов: концепция, дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов: Май И.В.; сбор и первичный анализ данных, подготовка проекта рукописи: Май И.В., Попова Е.В.; редактирование рукописи: Вайсман Я.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-20-29>
Original Research Article

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 01.08.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликована: 31.10.25

Author information:

✉ Irina V. **May**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Chief Researcher, Counselor to the Director, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.
Ekaterina V. **Popova**, Junior Researcher, Laboratory of Social Hygienic Monitoring Techniques, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: Popova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8762-7038>.

Iakov I. **Vaisman**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: eco@pstu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-030X>.

Author contributions: study conception and design, analysis and interpretation of results: *May I.V.*; data collection and processing, draft manuscript preparation: *May I.V.*, *Popova E.V.*; editing: *Vaisman I.I.* 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: August 1, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания населения в районе расположения химически опасного объекта

Н.В. Крылова¹, О.Н. Новикова¹, Н.И. Латышевская², В.А. Антонов¹, М.М. Тобольская-Поспелова¹, Н.Г. Сазонова¹, Т.Н. Белоусова¹, А.Н. Лобанов¹, В.А. Пак¹

¹ ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства, ул. Землячки, д. 12, г. Волгоград, 400048, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, пл. Павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

Резюме

Введение. Производственная деятельность химически опасных объектов, относящихся к ракетно-космической отрасли, нередко связана с использованием высокотоксичных компонентов жидкого ракетного топлива, что определяет ее как потенциальный источник негативного воздействия на среду обитания населения.

Цель исследования: комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания населения в районе расположения предприятия ракетно-космической отрасли.

Материалы и методы. Оценка выполнена за период 2018–2023 гг. на основании данных производственного контроля предприятия, а также материалов, полученных в ходе социально-гигиенического мониторинга, проводимого МРУ № 91 ФМБА России и Управлением Роспотребнадзора по Свердловской области.

Результаты. Установлено отсутствие загрязнения атмосферного воздуха, почвы, воды реки компонентом ракетного топлива и продуктами его трансформации. Выявленные случаи повышенного содержания в поверхностных и подземных водах железа и марганца, а также высокие показатели мутности имеют природный характер. В воде из скважины, расположенной на территории города, концентрации нитратов составляли до 1,2 ПДК. В связи с отсутствием водоочистных сооружений качество питьевой воды для потребителей определялось преимущественно ее составом в источнике водоснабжения. Найдено, что почва жилой зоны населенного пункта городского типа загрязнена цинком до 4,0 ОДК, марганцем до 1,5 ПДК, никелем до 2,7 ОДК, кадмием до 1,2 ОДК и бенз(а)пиреном до 2220 ПДК.

Заключение. Сделан вывод, что хозяйственная деятельность химически опасного объекта не оказывает существенного негативного воздействия на состояние атмосферного воздуха, почвы и воды поверхностных водоемов. Установленные случаи повышенного содержания нитратов в пробах воды из скважины могут свидетельствовать о влиянии изучаемого предприятия на состояние подземных вод.

Ключевые слова: химически опасный объект, компоненты ракетного топлива, гигиеническая оценка, атмосферный воздух, почва, вода водоемов, питьевая вода.

Для цитирования: Крылова Н.В., Новикова О.Н., Латышевская Н.И., Антонов В.А., Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г., Белоусова Т.Н., Лобанов А.Н., Пак В.А. Комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания населения в районе расположения химически опасного объекта // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 30–37. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-30-37

Comprehensive Hygienic Assessment of Environmental Conditions near a Major Hazard Facility

Natalya V. Krylova,¹ Olga N. Novikova,¹ Natalia I. Latyshevskaya,² Valery A. Antonov,¹ Marina M. Tobolskaya-Pospelova,¹ Natalya G. Sazonova,¹ Tatiana N. Belousova,¹ Aleksandr N. Lobanov,¹ Victoria A. Pak¹

¹ Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology, 12 Zemlyachka Street, Volgograd, 400048, Russian Federation

² Volgograd State Medical University, 1 Fallen Fighters Square, Volgograd, 400131, Russian Federation

Summary

Introduction: Activities of space industry facilities are often associated with the use of highly toxic components of liquid rocket fuel, which makes them a potential source of adverse impact on the environment.

Objective: To conduct a comprehensive hygienic assessment of environmental conditions in the vicinity of a space industry enterprise.

Materials and Methods: The assessment was carried out for the years 2018–2023 based on environmental quality monitoring results of the industry and public health surveillance data collected by Interregional Directorate No. 91 of the Russian Federal Biomedical Agency and the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Rosпотребнадзор) in the Sverdlovsk Region.

Results: Pollution of the atmospheric air, soil, and river water with rocket fuel components and their transformation products was not established. Elevated iron and manganese concentrations in both surface and ground waters and high turbidity levels were natural. Nitrate concentrations in water samples taken from the urban well were up to 1.2 MAC. Due to the lack of water treatment facilities, the quality of tap water was determined primarily by its composition in the water supply source. The soil of the urban residential area was found to be contaminated with zinc (up to 4.0 MAC), manganese (up to 1.5 MAC), nickel (up to 2.7 MAC), cadmium (up to 1.2 MAC), and benzo(a)pyrene (up to 2,220 MAC).

Conclusions: The economic activity of the major hazard facility does not have a significant negative impact on the state of atmospheric air, soil, and surface water bodies. High nitrate concentrations measured in well water samples may indicate the effect of the industry on groundwater quality.

Keywords: major hazard facility, rocket fuel components, hygienic assessment, ambient air, soil, natural water, drinking water.

Cite as: Krylova NV, Novikova ON, Latyshevskaya NI, Antonov VA, Tobolskaya-Pospelova MM, Sazonova NG, Belousova TN, Lobanov AN, Pak VA. Comprehensive hygienic assessment of environmental conditions near a major hazard facility. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):30–37. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-30-37

Введение. Производственная деятельность химически опасных объектов сопряжена с возможностью поступления в окружающую среду сложного комплекса химических соединений. При этом опасные для здоровья человека вещества, обладающие политропным и специфическим действиями, способны устойчиво сохраняться в объектах окружающей среды и мигрировать по экологическим цепочкам, поступая в организм с воздухом, водой и продуктами питания, вызывая развитие острых и хронических заболеваний [1–4].

Технологические процессы на предприятиях ракетно-космической отрасли нередко связаны с использованием в качестве компонента жидкого ракетного топлива несимметричного диметилгидразина (НДМГ, гептил), который обладает канцерогенным, эмбриотоксическим, гонадотоксическим, аллергическим эффектом, политропным действием и может вызывать отравления при любых путях поступления в организм. В природе данное соединение не встречается, его поступление в окружающую среду связано только с деятельностью человека. Помимо высокой токсичности опасность гептила определяется его высокой летучестью, хорошей растворимостью в воде, способностью к миграции и накоплению в различных природных объектах. В почве небольшие концентрации соединения могут сохраняться годами. При миграции по профилю почвы гептил способен переходить в атмосферу, попадать в грунтовые воды. Помимо этого, под влиянием факторов окружающей среды несимметричный диметилгидразин трансформируется с образованием токсичных продуктов, таких как диметиламин, формальдегид, тетраметилтетразен, нитрозодиметиламин и др. Ввиду этого производственная деятельность, связанная с применением данного компонента ракетного топлива, является потенциальным источником рисков для здоровья населения прилегающих к предприятию территорий [5–13].

Целью исследования является комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания населения в районе расположения предприятия ракетно-космической отрасли.

Материалы и методы. Оценка состояния объектов среды обитания в районе влияния химически опасного объекта выполнена за период 2018–2023 гг. на основании данных производственного контроля специализированной лаборатории предприятия, а также материалов, полученных в ходе социально-гигиенического мониторинга, проводимого Межрегиональным управлением № 91 Федерального медико-биологического агентства и Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области.

Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха выполняли в точках на внешней границе санитарно-защитной зоны первой промышленной площадки предприятия, на территории населенного пункта сельского типа, расположенного менее чем в 10 километрах от первой промплощадки по направлению преобладающих ветров, а также на границе

санитарно-защитной зоны второй промплощадки и жилой зоны населенного пункта городского типа по показателям: несимметричный диметилгидразин, азота диоксид, нитрозодиметиламин, диметиламин, формальдегид, серы диоксид.

Качество воды в реке контролировали в фоновых и контрольных створах выпусков сточных вод, а также в населенном пункте сельского типа на содержание несимметричного диметилгидразина, нитритов, нитратов, нитрозодиметиламина, тетраметилтетразена, формальдегида, хлоридов, сульфатов, нефтепродуктов, фосфатов и анионных поверхностно-активных веществ, железа, в т. ч. по показателю «мутность».

Исследования воды из пруда, образованного запрудой на реке, осуществляли в первую очередь в зонах рекреации по органолептическим (окраска, мутность) и обобщенным показателям качества (химическое и биологическое потребление кислорода). Поскольку сброс сточных вод промышленной площадки, на которой выполняются работы с использованием ракетного топлива, осуществляется значительно ниже по течению поверхностного водотока, в пробах из пруда не контролировали содержание компонента топлива и продуктов его трансформации. Полученные результаты использовались в том числе для подтверждения природной особенности формирования состава поверхностных вод на изучаемой территории.

На селитебной территории города контроль качества питьевой воды выполняли в точке водозабора, расположенной в общественном учреждении, по показателям: железо, жесткость, цветность, запах, кремний, марганец, мутность.

В период 2021–2022 гг. количество точек отбора проб питьевой воды и перечень показателей для ее испытаний был расширен. В городской черте пробы отбирали в точках водоразбора, из накопительных баков централизованных систем водоснабжения, а также непосредственно из скважин, в сельском поселении – из родника. Испытания воды выполняли по органолептическим (мутность, запах, цветность, привкус), обобщенным (водородный показатель, общая минерализация, жесткость общая, окисляемость перманганатная) и общим санитарным (сульфаты, полифосфаты, хлориды, нитраты, нитриты, аммиак, железо, медь, марганец, алюминий, бериллий, бром, кремний, литий, фториды, бор, мышьяк, селен, стронций, барий, ртуть, четыреххлористый углерод, хлор остаточный, 2,4Д кислота, ДДТ и его метаболиты/ДДТ; 1,1-(2,2,2-трихлорэтили-ден), бис(4-хлорбензол), ГХЦГ и его изомеры/гамма ГХЦГ (линдан)) показателям.

Состояние поверхностного слоя почвы в населенном пункте сельского типа контролировали по показателям: несимметричный диметилгидразин, диметиламин и формальдегид.

Исследования почвы в селитебной зоне города выполняли на территории медицинских и детских дошкольных учреждений, в жилых кварталах и зонах рекреации, а также на границе санитарно-защитной зоны металлургического предприятия и жилой застройки. Определению подлежали следующие

санитарно-химические показатели: бенз(а)пирен, водородный показатель (рН), кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, цинк, хром общий.

Все испытания, в том числе количественное определение в объектах среды обитания компонента ракетного топлива и продуктов его трансформации, выполнены аккредитованными в установленном порядке лабораторными центрами с использованием разрешенных к применению методик измерения¹.

Всего проанализировано 2180 результатов испытаний проб атмосферного воздуха, 7712 результатов испытаний воды поверхностных водоемов, 2577 результатов испытаний воды питьевой, 377 результатов испытаний почвы.

Гигиеническую оценку состояния объектов среды обитания выполняли в соответствии с действующим нормативно-правовым документом².

Результаты. Химически опасный объект, относящийся к ракетно-космической отрасли, расположен в населенном пункте городского типа на территории Свердловской области. Производственная деятельность предприятия сосредоточена на двух площадках. Первая производственная площадка, на которой осуществляются работы с высокотоксичным компонентом ракетного топлива – несимметричным диметилгидразином, находится на расстоянии более двадцати километров восточнее территории городского поселения. Менее чем в десяти километрах от первой площадки в восточном направлении, на берегу реки, расположен населенный пункт сельского типа. Вторая производственная площадка размещена в городской черте.

Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха в точках на границе санитарно-защитной зоны первой промышленной площадки, на территории малого населенного пункта (в точке, расположенной по направлению преобладающих ветров), а также на границе санитарно-защитной зоны второй промплощадки и жилой зоны города не выявило случаев загрязнения атмосферного воздуха несимметричным диметилгидразином, азота диоксидом, нитрозодиметиламином, диметиламином, формальдегидом и серы диоксидом. Следует

отметить, что максимальные концентрации азота диоксида и диметиламина на границе санитарно-защитной зоны первой промплощадки и в населенном пункте сельского типа не превышали 0,5 и 0,8 ПДК соответственно. В изучаемый период максимальное содержание несимметричного диметилгидразина зарегистрировано на уровне 0,6 ПДК.

Образующиеся в результате хозяйственной деятельности первой и второй производственных площадок предприятия жидкие отходы поступают в поверхностный водоток. Контроль качества воды в фоновых и контрольных створах показал, что содержание несимметричного диметилгидразина, нитритов, нитратов, нитрозодиметиламина, тетраметилтетразена, формальдегида, хлоридов, сульфатов, нефтепродуктов, фосфатов и анионных поверхностно-активных веществ соответствовало санитарным требованиям. При этом ежегодно показатель «мутность» превышал нормативное значение в 1,1–10,1 раза в 50,0–75,0 % определений, во всех пробах содержание железа регистрировалось на уровне 1,1–11,5 ПДК.

Исследования проб воды из реки в точке, расположенной ниже по течению от контрольного створа первой промышленной площадки в пункте водопользования (населенный пункт сельского типа), не выявил случаев загрязнения воды несимметричным диметилгидразином, нитрозодиметиламином, формальдегидом, нитрит- и нитрат-ионами.

По результатам испытаний вода в пруде, образованном запрудой на реке, не отвечала санитарным требованиям по биологическому потреблению кислорода в 50,0–80,0 % определений (максимальные значения 1,7–4,1 норматива), а также по химическому потреблению кислорода в 5,0–66,6 % случаев (максимальные значения 1,5–2,1 норматива). В 100 % случаев наблюдалось окрашивание в столбиках воды.

В городском и сельском поселениях организовано централизованное снабжение населения питьевой водой. Источниками водоснабжения городской застройки служат подземные воды. В водопроводную сеть вода поступает от четырех

¹ МИ 07.01.082-2021. Методика измерений массовой концентрации несимметричного диметилгидразина, нитрозодиметиламина и диметиламина в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных (вентиляционных) выбросах газохроматографическим методом. Москва, 2011. 27 с.

М-222-13/2021. Методика измерений массовой концентрации формальдегида в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом. Москва, 2013. 22 с.

МУК 4.1.056-16. Методика измерений массовой доли 1,1-диметилгидразина в пробах почвы фотометрическим методом [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/metodika/1/muk_4_1_056-16_4_1_metody_kontrolya_khimicheskie_faktory.html?ysclid=mfus1ibdyx185992255 (дата обращения: 15.04.2025).

ПНД Ф 16.1.2.3.45-05. Методика выполнения измерений массовой доли формальдегида в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом с хроматроповой кислотой. Москва, 2005. 18 с.

ФР.1.31.2018.31882. Методика измерений массовой концентрации метилгидразина и 1,1-диметилгидразина в природной, питьевой и очищенной сточной воде методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии с предварительной дериватизацией глиоксагелем. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/437214818?ysclid=mfus58un5a388233716> (дата обращения: 15.04.2025).

НДП 30.1.2.111-10. МИ массовых концентраций N-нитрозодиметиламина (НДМА) в питьевых и природных водах методом газовой хроматографии. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/437151199?ysclid=mfuscdpnb841572816> (дата обращения: 15.04.2025).

ФР.1.31.2010.07175. Методика выполнения измерений массовой концентрации диметиламина в пробах питьевых, природных и очищенных сточных вод фотоколориметрическим методом. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/561631/?ysclid=mfusdaolmmb608897397 (дата обращения: 15.04.2025).

МУК 4.1.011-18. Методика измерений массовой концентрации формальдегида в пробах питьевых, природных, очищенных сточных и талых (снег) вод фотометрическим методом. Москва, 2018. 28 с.

² СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://base.garant.ru/400274954/> (дата обращения: 15.04.2025).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-30-37>
Original Research Article

водозаборов и двух муниципальных скважин, расположенных на селитебной территории города. Водоснабжение сельских потребителей осуществляется из родника.

Несоответствия питьевой воды санитарным требованиям по органолептическим и санитарно-химическим показателям были зарегистрированы в точках контроля на территории населенного пункта городского типа в 2021 и 2022 гг. по значениям мутности (в 1,2–8,0 раза), а также содержанию в пробах железа (1,5–7,6 ПДК), марганца (1,3–10,6 ПДК), нитратов (до 1,2 ПДК) и жесткости общей (в 1,2–1,7 раза). Вода в сельском поселении отвечала санитарным требованиям.

Обобщенная санитарно-гигиеническая характеристика выявленных случаев несоответствия питьевой воды санитарным требованиям на территории города приведена в табл. 1.

Контроль состояния поверхностного слоя почвы в населенном пункте сельского типа не выявил случаев загрязнения ее несимметричным диметилгидразином, диметиламином и формальдегидом.

Загрязнение почвы селитебной территории города в исследуемый период было выявлено по содержанию в пробах цинка 1,1–4,0 ОДК, марганца 1,1–1,5 ПДК, никеля 1,1–2,7 ОДК, кадмия 1,1–1,2 ОДК, а также в единичных случаях меди 1,2 ОДК и мышьяка 1,3 ОДК. Кроме того, концентрации бенз(а)пирена

в жилой зоне достигали 1,9–2220,0 ПДК. В 2023 г. уровни бенз(а)пирена на границе санитарно-защитной зоны металлургического предприятия, расположенного в городской черте, составили 22100,0 ПДК.

Обобщенная санитарно-гигиеническая характеристика выявленных случаев несоответствия санитарным требованиям состояния почвы в селитебной зоне города в период 2018–2023 гг. представлена в табл. 2.

Обсуждение. В связи с тем что населенный пункт сельского типа расположен в непосредственной близости (менее десяти километров) к первой производственной площадке, на которой осуществляются работы с жидким ракетным топливом, а также с учетом преобладания ветров западных направлений на изучаемой территории, в первую очередь был выполнен анализ результатов исследований качества атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны первой производственной площадки, а также атмосферного воздуха, почвы, воды в реке и воды питьевой на территории расположения указанного населенного пункта. Установлено отсутствие загрязнения объектов среды обитания, в том числе компонентом ракетного топлива и продуктами его трансформации.

Качество атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны второй производственной

Таблица 1. Санитарно-гигиеническая характеристика выявленных случаев несоответствия питьевой воды санитарным требованиям на территории города в период 2021–2022 гг.

Table 1. Sanitary and hygienic characteristics of identified cases of noncompliance with drinking water quality standards in the city in 2021–2022

Показатель / Indicator	Исследовано проб / Samples tested				
	всего / total	из них с превышением гигиенических нормативов / of which samples with fold excess of quality standards			
		1,1–2,0 норматива / standard	2,1–3,0 норматива / standard	3,1–5,0 норматива / standard	> 5,0 норматива / standard
Мутность / Turbidity	299	10	4	17	24
Железо / Iron	223	8	8	21	6
Марганец / Manganese	167	12	4	2	20
Жесткость общая / Total hardness	43	2	–	–	–
Нитраты / Nitrates	24	3	–	–	–

Таблица 2. Санитарно-гигиеническая характеристика выявленных случаев несоответствия санитарным требованиям состояния почвы на территории города в период 2018–2023 гг.

Table 2. Sanitary and hygienic characteristics of identified cases of noncompliance with soil quality standards in the city in 2018–2023

Показатель / Indicator	Исследовано проб / Samples tested				
	всего / total	из них с превышением гигиенических нормативов / of which samples with fold excess of quality standards			
		1,1–2,0 норматива / standard	2,1–3,0 норматива / standard	3,1–5,0 норматива / standard	> 5,0 норматива / standard
Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	34	2	1	1	7
Марганец / Manganese	18	7	–	–	–
Кадмий / Cadmium	30	3	–	–	–
Мышьяк / Arsenic	36	1	–	–	–
Никель / Nickel	36	5	1	–	–
Цинк / Zinc	36	8	3	1	–
Медь / Copper	6	1	–	–	–

площадки, расположенной в черте города, также отвечало санитарным требованиям.

Вода в реке и пруду характеризовалась повышенным относительно гигиенических нормативов природным содержанием железа и гуминовых веществ, уровень последних значительно повышался в период паводков и обильных дождей³. Это, в свою очередь, приводило к увеличению значений показателей «цветность» и «мутность». Несоответствие нормативам по биологическому и химическому потреблению кислорода также является следствием вышеуказанных природных особенностей формирования состава воды поверхностных водотока и водоема.

Увеличение в 2021–2022 гг. точек контроля качества питьевой воды на территории населенного пункта городского типа, а также значительное расширение, по сравнению с другими годами, перечня показателей позволило выявить случаи несоответствия питьевой воды санитарным требованиям. При этом превышения допустимых уровней как в точках водоразбора, так и в воде из скважин регистрировались в основном по показателям «мутность», «железо» и «марганец». Повышенное природное содержание в подземных водах растворенных форм указанных металлов, после их окисления кислородом воздуха до гидроокисей приводило к увеличению мутности.

Случаи несоответствия санитарным требованиям по содержанию нитратов и жесткости общей были обнаружены в воде из скважины, расположенной в черте города. Загрязнение нитратами, наиболее вероятно, произошло в результате слабой защищенности подземного водоносного горизонта. При этом нельзя исключить влияние хозяйственной деятельности, осуществляемой на первой промышленной площадке, на качество подземного источника питьевой воды, что требует дальнейшего наблюдения и более глубокого изучения гидрогеологических характеристик данного подземного горизонта (степень защищенности на различных участках, область питания, направление и скорость течения подземных вод и др.).

В связи с отсутствием водоочистных сооружений качество питьевой воды для потребителей напрямую зависело от качества воды в источнике водоснабжения.

На территории города наиболее неблагоприятная обстановка складывалась с загрязненностью почвы бенз(а)пиреном, содержание которого в концентрациях, превышающих предельно допустимые, обнаруживали в разное время на всех пробных площадках, кроме территории детского учреждения. При этом наибольшие значения были отмечены на границе санитарно-защитной зоны металлургического предприятия и жилой зоны города.

Если повышенное содержание в почве, относительно установленных нормативов, никеля, цинка, и марганца можно объяснить наличием природных

геохимических аномалий, характерных для рассматриваемой территории [14], то загрязненность бенз(а)пиреном имеет антропогенный характер [15–17].

При рассмотрении возможных источников загрязнения почвы в населенном пункте городского типа необходимо учесть, что в городской черте расположен металлургический завод. Помимо этого, порядка пяти километров восточнее границ города находится крупное металлургическое предприятие, выпускающее в том числе продукцию из титана и алюминия.

Исследования ряда авторов показали, что в результате деятельности предприятий металлургического комплекса с выбросами техногенной пыли в окружающую среду поступают стойкие загрязнители, способные депонироваться в почвенном покрове – тяжелые металлы и бенз(а)пирен [18–20].

Также следует учитывать тот факт, что основными направлениями ветра в изучаемом районе являются юго-западное (25 %) и западное (24 %), самый редкий ветер – восточный (5 %), тогда как первая промышленная площадка, на которой выполняются работы с жидким ракетным топливом, находится в восточном направлении от городского поселения.

Таким образом, с учетом результатов испытаний объектов среды обитания на территории расположения предприятия ракетно-космической отрасли, принимая во внимание расположение первой производственной площадки на значительном удалении от жилых районов города, а также характерную для изучаемой территории розу ветров и наличие крупных предприятий металлургической промышленности в непосредственной близости к жилым районам, можно предположить, что производственная деятельность данного химически опасного объекта не относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В то же время первая производственная площадка является потенциальным источником негативного влияния на качество среды обитания в населенном пункте сельского типа. Несмотря на отсутствие загрязнений несимметричным диметилгидразином и продуктами его трансформации атмосферного воздуха, природной воды и почвы, контроль их содержания является основополагающей составной частью мониторинга состояния среды обитания территорий, находящихся в зоне влияния хозяйственной деятельности предприятия.

Заключение. По совокупности данных можно предположить, что хозяйственная деятельность химически опасного объекта не оказывает существенного негативного влияния на состояние атмосферного воздуха, почвы и воды поверхностных водоемов на прилегающих к предприятию территориях. Выявленные несоответствия санитарным требованиям качества воды реки и пруда, а также питьевой воды связаны в основном с природными факторами формирования состава вод на данной территории. Установленные случаи повышенного

³ Государственный доклад о состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2023 году / ред.: А. В. Сафронов [и др.]. Екатеринбург, 2024. 359 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-30-37>
Original Research Article

содержания нитратов в пробах воды из скважины могут свидетельствовать о влиянии изучаемого предприятия на состояние подземных водоносных горизонтов, что требует дальнейшего более глубокого изучения. Загрязненность почвы города тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном с наибольшей вероятностью обусловлена деятельностью металлургических предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1139-1144. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
- 2 Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением почв, для здоровья населения городов // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 299-304. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304
- 3 Горский А.И., Туманов К.А., Чекин С.Ю., Иванов В.К. Вклад атмосферных техногенных выбросов в заболеваемость раком легкого в Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 2. С. 106-112. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-106-112
- 4 Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1145-1150. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150
- 5 Масленников А.А., Ходыкина Н.В., Гришина М.А., Великородная Ю.И., Филатов Б.Н., Антонов В.А. Экспериментальная оценка опасности хронического перорального воздействия несимметричного диметилгидразина // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 2. С. 231-236. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-231-236
- 6 Томилин Н.В., Филько О.А., Гайкова О.Н. и др. Экспериментальное исследование механизмов токсического действия несимметричного диметилгидразина при хроническом введении // Токсикологический вестник. 2020. № 2. С. 54-61. doi: 10.36946/0869-7922-2020-2-53-59
- 7 Томилин Н.В., Филько О.А., Храброва А.В., Соловьева Н.Е., Утсаль В.А., Краснов К.А. Генотоксическое и цитотоксическое действие несимметричного диметилгидразина при остром и субхроническом введении // Современные вопросы биомедицины. 2018. Т. 2. № 4(5). С. 178-185.
- 8 Ul'yanovskii NV, Lakhmanov DE, Pikhovskoi II, et al. Migration and transformation of 1,1-dimethylhydrazine in peat bog soil of rocket stage fall site in Russian North. *Sci Total Environ*. 2020;726:138483. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138483
- 9 Nguyen HN, Chenoweth JA, Beberta VS, Albertson TE, Nowadly CD. The Toxicity, Pathophysiology, and Treatment of Acute Hydrazine Propellant Exposure: A Systematic Review. *Mil Med*. 2021;186(3-4):e319-e326. doi: 10.1093/milmed/usaa429
- 10 Уколов А.И., Лаптев Д.С., Карманов Е.Ю. и др. Новые биомаркеры несимметричного диметилгидразина // Токсикологический вестник. 2022. № 3. С. 182-190. doi: 10.47470/0869-7922-2022-30-3-182-190
- 11 Нечайкина О.В., Петунов С.Г., Лаптев Д.С., Бобков Д.В. Влияние субхронического применения несимметричного диметилгидразина на сократительную активность изолированных лимфатических сосудов //

- Токсикологический вестник. 2024. № 1. С. 14-19. doi: 10.47470/0869-7922-2024-32-1-14-19
- 12 Филиппова Ю.В., Филиппов В.Л. Психиатрический синдром в отдаленном периоде интоксикации компонентами ракетного топлива // Российский психиатрический журнал. 2022. № 3. С. 52-56. doi: 10.47877/1560-957X-2022-10306
 - 13 Козлов И.А. Новый взгляд на экологические процессы, протекающие при разложении ракетных топлив // Матрица научного познания. 2021. № 11-2. С. 51-53.
 - 14 Почечун В.А., Семячков А.И., Фоминых А.А., Курбанов И.К. Геоэкологическая оценка состояния почвенного покрова Нижнетагильского промузла // Эколого-экономическая безопасность горнопромышленных регионов : сборник научных статей. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2022. С. 156-163.
 - 15 Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Влияние предприятий металлургической промышленности на окружающую среду и здоровье человека // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. С. 275-278. doi: 10.24411/2071-6168-2019-10708
 - 16 Крупа А.В. Бензапирен как вредный и опасный экологический фактор, его характеристика и распространение в окружающей среде // Актуальные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и лучевой терапии : сборник материалов VII межвузовской научно-практической интернет-конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гродно, 31 марта 2023 года. Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2024. С. 115-118.
 - 17 Демиденко Г.А., Жирнова Д.Ф. Экологический мониторинг загрязнения окружающей среды формальдегидом и бенз(а)пиреном // Вестник КрасГАУ. 2013. № 10(85). С. 109-113.
 - 18 Шепель К.В. Геологическая оценка загрязнения почв в районе расположения предприятий горно-металлургического комплекса Урала // Проблемы недропользования. 2019. № 2 (21). С. 171-177. doi: 10.25635/2313-1586.2019.02.171
 - 19 Михайличенко К.Ю., Курбатова А.И., Доронцова А.Ю., Паукова А.А. Оценка качества воды и состояния донных отложений северной части Рыбинского водохранилища выбросами ЧерМК ПАО «Северсталь» // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 39-43. doi: 10.18412/1816-0395-2019-10-39-43
 - 20 Гаврилова В.А., Харина Г.В., Алешина Л.В. Экологическая оценка загрязнения почв в Свердловской области // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Четвертой Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 20 мая 2021 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. С. 57-61.

REFERENCES

1. Zaitseva NV. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1138-1144. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
2. Kamanina IZ, Kaplina SP, Makarov OA. Carcinogenic risk associated with soil pollution for urban population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(3):299-304. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304
3. Gorski AI, Tumanov KA, Chekin SYu, Ivanov VK. Contribution of atmospheric technogenic emissions to the

- incidence of lung cancer in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(2):106-112. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-106-112
4. Kuzmin SV, Dodina NS, Shashina TA, Kislitsin VA, Pinigin MA, Budarina OV. The impact of atmospheric pollution on public health: Diagnosis, assessment, and prevention. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1145-1150. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150
 5. Maslennikov AA, Khodykina NV, Grishina MA, Velikorodnaya Yul, Filatov BN, Antonov VA. Experimental risk assessment of chronic oral exposure to unsymmetrical dimethylhydrazine. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(2):231-236. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-231-236
 6. Tomilin NV, Filko OA, Gaikova ON, et al. Experimental study of the mechanisms of toxic action of unsymmetrical dimethylhydrazine in chronic administration. *Toksikologicheskii Vestnik*. 2020;(2(161)):54-61. (In Russ.) doi: 10.36946/0869-7922-2020-2-53-59
 7. Tomilin NV, Filko OA, Khrabrova AV, Solovyeva NE, Utsal VA, Krasnov KA. Genotoxicity and cytotoxicity of unsymmetrical dimethylhydrazine in acute and subchronic exposure. *Sovremennye Voprosy Biomeditsiny*. 2018;2(4):178-185. (In Russ.)
 8. Ul'yanovskii NV, Lakhmanov DE, Pikovskoi II, et al. Migration and transformation of 1,1-dimethylhydrazine in peat bog soil of rocket stage fall site in Russian North. *Sci Total Environ*. 2020;726:138483. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138483
 9. Nguyen HN, Chenoweth JA, Bebartha VS, Albertson TE, Nowadly CD. The toxicity, pathophysiology, and treatment of acute hydrazine propellant exposure: A systematic review. *Mil Med*. 2021;186(3-4):e319-e326. doi: 10.1093/milmed/usaa429
 10. Ukolov AI, Laptev DS, Karmanov EYu, et al. New biomarkers for 1,1-dimethylhydrazine. *Toksikologicheskii Vestnik*. 2022;30(3):182-190. (In Russ.) doi: 10.47470/0869-7922-2022-30-3-182-190
 11. Nechaykina OV, Petunov SG, Laptev DS, Bobkov DV. Effect of subchronic use of unsymmetrical dimethylhydrazine on contractile activity of isolated lymphatic vessels. *Toksikologicheskii Vestnik*. 2024;32(1):14-19. (In Russ.) doi: 10.47470/0869-7922-2024-32-1-14-19
 12. Filippova YuV, Filippov VL. Psycho-organic syndrome in the long-term period of intoxication with rocket fuel components. *Rossiyskiy Psikhiatricheskii Zhurnal*. 2022;(3):52-56. (In Russ.) doi: 10.47877/1560-957X-2022-10306
 13. Kozlov IA. [A new outlook on environmental processes occurring during the decomposition of rocket fuels.] *Matritsa Nauchnogo Poznaniya*. 2021;(11-2):51-53. (In Russ.)
 14. Pochechun VA, Semyachkov AI, Fominykh AA, Kurbanov IK. Geocological assessment of the soil cover of the Nizhny Tagil industrial hub. In: Semyachkov AI, ed. *Ecological and Economic Security of Mining Regions: Collection of Articles*. Yekaterinburg: UB RAS Institute of Economics Publ.; 2022:156-163. (In Russ.)
 15. Koryakov AE, Shishkina AA, Shishkina PA. Influence of metallurgical industries on ecology. *Izvestiya Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki*. 2019;(7):275-278. (In Russ.) doi: 10.24411/2071-6168-2019-10708
 16. Krupa AV. [Benzo(a)pyrene as a harmful and dangerous environmental factor, its characteristics and distribution in the environment.] In: *Current Issues of Radiation and Environmental Medicine, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy: Proceedings of the VII Interuniversity Scientific and Practical Internet Conference of Students, Undergraduates, Postgraduates and Young Scientists, Grodno, March 31, 2023*. Grodno: Grodno State Medical University Publ.; 2024:115-118. (In Russ.)
 17. Demidenko GA, Zhirnova DF. Ecological monitoring of environmental pollution by formaldehyde and benz(a)pyrene. *Vestnik KrasGAU*. 2013;(10(85)):109-113. (In Russ.)
 18. Shepel KV. Geocological assessment of soil pollution in the area of location of enterprises of mining and metallurgical complex of the Ural. *Problemy Nedropol'zovaniya*. 2019;(2(21)):171-177. (In Russ.) doi: 10.25635/2313-1586.2019.02.171
 19. Mikhaylichenko KYu, Kurbatova AI, Dorontsova AYu, Paukova AA. Assessment of water quality and state of bottom sediments of the northern part of the Rybinsk Reservoir by emissions of the CherMK PAO "Severstal". *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2019;23(10):39-43. (In Russ.) doi: 10.18412/1816-0395-2019-10-39-43
 20. Gavrilova VA, Kharina GV, Alyoshina LV. Environmental assessment of soil pollution in the Sverdlovsk region. In: *Environmental Safety in the Technosphere: Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference of Professors, Young Scientists and Students, Yekaterinburg, May 20, 2021*. Yekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University Publ.; 2021:57-61. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Крылова** Наталья Валерьевна – к.б.н., заведующий лабораторией гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: krilova@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9552-4891>.

Новикова Ольга Николаевна – к.м.н., заместитель директора по научной работе ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: novikova@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9753-1881>.

Латышевская Наталья Ивановна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

Антонов Валерий Алексеевич – д.м.н., профессор, и.о. директора ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: antonov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6435-4316>.

Тобольская-Поспелова Марина Михайловна – научный сотрудник лаборатории гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: tobolsckayam@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6261-4778>.

Сазонова Наталья Геннадьевна – научный сотрудник лаборатории гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: kotenyova72@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-7171>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-30-37>
Original Research Article

Белюсова Татьяна Николаевна – научный сотрудник лаборатории гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: beltanik2013@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8147-0586>.

Лобанов Александр Николаевич – к.м.н., научный сотрудник лаборатории гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: lobanov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4141-1191>.

Пак Виктория Александровна – младший научный сотрудник лаборатории гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: v_pak13@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1799-5211>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Латышевская Н.И., Антонов В.А., Крылова Н.В., Новикова О.Н.*; сбор данных и обзор литературы: *Тобольская-Поспелова М.М., Сазонова Н.Г., Белюсова Т.Н., Лобанов А.Н., Пак В.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Крылова Н.В., Новикова О.Н., Тобольская-Поспелова М.М.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 17.04.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликовано: 31.10.25

Author information:

✉ Natalya V. **Krylova**, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: krilova@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9552-4891>.

Olga N. **Novikova**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Director for Scientific Work, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: novikova@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9753-1881>.

Natalia I. **Latyshevskaya**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University; e-mail: latyshnata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>.

Valery A. **Antonov**, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Acting Director, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: antonov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6435-4316>.

Marina M. **Tobolskaya-Pospelova**, Researcher, Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: tobolskayam@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6261-4778>.

Natalya G. **Sazonova**, Researcher, Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: kotenyova72@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-7171>.

Tatiana N. **Belousova**, Researcher, Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: beltanik2013@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8147-0586>.

Aleksandr N. **Lobanov**, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: lobanov@rihtop.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4141-1191>.

Victoria A. **Pak**, Junior Researcher, Hygiene Laboratory, Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology; e-mail: v_pak13@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1799-5211>.

Author contributions: study conception and design: *Latyshevskaya N.I., Antonov V.A., Krylova N.V., Novikova O.N.*; data collection, bibliography compilation and referencing: *Tobolskaya-Pospelova M.M., Sazonova N.G., Belousova T.N., Lobanov A.N., Pak V.A.*; analysis and interpretation of results: *Krylova N.V., Novikova O.N., Tobolskaya-Pospelova M.M.* 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: April 17, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Изучение в условиях *in vitro* трансформации твердых мелкодисперсных частиц пыли горно-металлургического предприятия

И.А. Хлыстов, Т.Н. Штин, Т.В. Бушуева, П.К. Харьковская, А.Н. Патрикеева,
Л.В. Кондакова, Е.Е. Новосельцева, Э.Г. Плотко

ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме

Введение. При попадании внутрь организма мелкодисперсные частицы пыли могут вызывать значительные структурные и функциональные изменения на клеточном и субклеточном уровнях. Несмотря на продолжающиеся исследования взаимодействия частиц с отдельными белками, изменение свойств мелкодисперсных смесей в средах более сложного состава изучено недостаточно.

Цель исследования: изучить трансформацию частиц пыли горно-металлургического предприятия в культуральной среде, содержащей биологически активные молекулы.

Материалы и методы. Для эксперимента брали фракцию пыли промышленных выбросов размером менее 1 мкм (PM1). С помощью анализатора размеров наночастиц IG-1000 Plus (Shimadzu, Япония) методом диэлектрофореза были измерены физические параметры частиц исходной пыли, а также после ее взаимодействия с культуральной средой через 1, 24, 168, 336, 744 ч экспозиции. Культуральная среда состояла из сыворотки крови крупного рогатого скота и питательной среды «Игла MEM» с солями Эрла и глутамином.

Результаты. Было установлено уменьшение диапазонов распределения размеров твердых мелкодисперсных частиц пыли (от 13,04 до 44,52 и от 17,54 до 110,64 нм), повышение значений удельной поверхности (до 0,28 и 0,16 нм²/нм³) и коэффициентов диффузии (до $2,33 \times 10^{-14}$ и $1,34 \times 10^{-14}$ см²/с) через 168 и 336 ч экспозиции с культуральной средой, по сравнению с другими временными интервалами. Диапазоны распределения, средние значения размеров, удельная поверхность, геометрическая форма частиц были практически одинаковыми перед экспериментом и в конце него.

Выводы. При исследовании растворимости частиц пыли фракции PM1 в эксперименте *in vitro* установлено их взаимодействие с компонентами культуральной среды, характеризующееся изменением физических параметров частиц за период времени от 1 до 744 ч. Выявлены время-зависимые сдвиги размеров, формы, удельной поверхности и коэффициентов диффузии частиц.

Ключевые слова: горно-металлургическое предприятие, пыль, модельный эксперимент, биологически активные молекулы, твердые мелкодисперсные частицы, диэлектрофорез, физические свойства.

Для цитирования: Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Бушуева Т.В., Харьковская П.К., Патрикеева А.Н., Кондакова Л.В., Новосельцева Е.Е., Плотко Э.Г. Изучение в условиях *in vitro* трансформации твердых мелкодисперсных частиц пыли горно-металлургического предприятия // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 38–44. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-38-44

In Vitro Transformation of Fine Particles from a Mining and Metallurgical Enterprise

Ivan A. Khlystov, Tatiana N. Shtin, Tatiana V. Bushueva, Polina K. Kharkovskaya, Alla N. Patrikeeva,
Lidiya V. Kondakova, Elizaveta E. Novoseltseva, Edvard G. Plotko

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Summary

Introduction: When inhaled, fine particles can cause significant structural and functional changes at the cellular and subcellular levels. Despite ongoing studies of the interaction of particles with individual proteins, changes in the properties of fine mixtures in more complex environments have been poorly studied.

Objective: To establish transformation of fine particles from a mining and metallurgical enterprise in a culture medium containing biologically active molecules.

Materials and Methods: Fine particles smaller than 1 μm (PM1) were used for the experiment. Physical parameters of the initial particles and those after 1, 24, 168, 336, and 744 hours of exposure to the culture medium were measured by dielectrophoresis using an IG-1000 Plus nanoparticle size analyzer (Shimadzu, Japan). The culture medium consisted of bovine blood serum and the Iglu minimum essential medium (Iglu-MEM) with Earle's salts and glutamine.

Results: Compared to other time intervals, we established a decrease in the size distribution ranges of fine particles (from 13.04 to 44.52 and from 17.54 to 110.64 nm), an increase in the specific surface area (up to 0.28 and 0.16 nm²/nm³) and diffusion coefficients (up to 2.33×10^{-14} and 1.34×10^{-14} cm²/s) after 168 and 336 hours of exposure to the culture medium, respectively. The distribution ranges, mean size values, specific surface area, and geometric shape of the particles were almost the same before and after the experiment.

Conclusions: The study of solubility of PM1 in an *in vitro* experiment showed the interplay between fine particles and the components of the culture medium manifested by changes in the physical parameters of the particles over a period of 1 to 744 hours. Time-dependent shifts in the size, shape, specific surface area, and diffusion coefficients of the particles were revealed.

Keywords: mining and metallurgical enterprise, particulate matter (PM), model experiment, biologically active molecules, fine particles, dielectrophoresis, physical properties.

Cite as: Khlystov IA, Shtin TN, Bushueva TV, Kharkovskaya PK, Patrikeeva AN, Kondakova LV, Novoseltseva EE, Plotko EG. *In vitro* transformation of fine particles from a mining and metallurgical enterprise. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):38–44. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-38-44

Введение. Загрязнение атмосферного воздуха является одной из важнейших проблем современности и серьезнейшим экологическим фактором, затрагивающим здоровье каждого человека [1]¹. Среди множества аэрогенных компонентов, приводящих к развитию заболеваний у людей, заслуживает внимания содержание взвешенных твердых частиц [1]. Агентством по охране окружающей среды США (Environmental Protection Agency – EPA) были установлены стандарты для находящихся в воздухе твердых частиц (PM – «particulate matter»): размером до 10 мкм в аэродинамическом диаметре (PM10) и менее 2,5 мкм (PM2.5)². Фракция пыли до 10 мкм называется торакальной, до 4,0 мкм – респираторной [2]. В Российской Федерации также установлены предельно допустимые значения для взвешенных частиц в атмосферном воздухе городских и сельских поселений³. Источниками поступления в атмосферный воздух мелких (PM2.5), чрезвычайно мелких (PM1) и ультрамелких частиц (PM0.1) выступают как естественные, так и антропогенные процессы [3, 4]. Невозможность законодательного регулирования фракции PM1 обусловлена недостаточностью данных об их воздействии на окружающую среду и здоровье человека, финансовых затратах на измерение [3], а зачастую и отсутствием необходимых методов исследования.

Размер частиц является важным параметром, определяющим не только их подвижность в окружающей среде, но и потенциальный риск для здоровья человека. От размера зависит их способность к проникновению, осаждению в легких, а также скорость их выведения [5, 6]. Воздействие PM2.5 увеличивает адгезию патогенов к эпителиальным клеткам, нарушает функцию эпителиального барьера, нарушает мукоцилиарный клиренс и снижает антимикробную активность, что приводит к увеличению содержания условно-патогенных микроорганизмов [7]. Пыль мелкой фракции может представлять угрозу для здоровья людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями, повышая вязкость крови вследствие запуска воспалительных реакций в альвеолах при высвобождении цитокинов [8]. Высокодисперсные частицы размером менее 100 нм за счет высокой подвижности в окружающей среде и проникающей способности в организмы представляют наибольшую опасность [6]. При попадании внутрь организма они могут вызывать значительные структурные и функциональные изменения на клеточном и субклеточном уровнях [9]. Несмотря на наличие научных результатов, описывающих процессы

взаимодействия наноконпонентов с белками [10, 11], остается недостаточно изученным изменение физико-химических свойств мелкодисперсных частиц пыли сложного состава в средах с биологически активными молекулами на больших временных интервалах. Экспериментальное изучение трансформации мелкодисперсных частиц способно дать важную информацию при описании, моделировании процессов токсикокинетики и токсикодинамики в условиях биологической среды, а также разработки эффективных нанотехнологий в медицине.

Цель исследования – изучить трансформацию частиц пыли горно-металлургического предприятия в культуральной среде, содержащей биологически активные молекулы.

Материалы и методы. Для анализа была отобрана пыль промышленных выбросов в атмосферу от одного из стационарных источников горно-металлургического предприятия, после ее фракционного разделения при помощи многокомпонентной фильтрующей кассеты. Для улавливания твердых мелкодисперсных частиц PM1 (частицы размером менее 1 мкм) использовали нитрат-целлюлозные фильтры со средним диаметром пор 0,2 мкм. В качестве перифильтра (отсекателя) применяли кварцевый фильтр со средним диаметром пор 1,2 мкм.

Для определения физических свойств частиц PM1 исходную пыль с фильтра помещали в дистиллированную воду, не содержащую примесей твердых частиц. Для изучения растворимости пыль с фильтра помещали в раствор, состоящий из питательной среды «Игла MEM» с солями Эрла и глутамином в присутствии сыворотки крови крупного рогатого скота (КРС). Объем раствора составлял 15,00 см³. После тщательного перемешивания в течение 1 ч фракционный фильтр извлекали из раствора. Раствор фильтровали через мембранный фильтр со средним диаметром пор 1,00 мкм.

В течение 1 ч модельный раствор (частицы с культуральной средой) выдерживали в помещении лаборатории при температуре (20 ± 5) °C в условиях, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям для производственной среды³ и чистых помещений^{4,5,6,7}. Далее модельный раствор был помещен в термостат с температурой (37 ± 2) °C.

С помощью анализатора размеров наночастиц IG-1000 Plus методом диэлектрофореза были измерены физические параметры частиц исходной пыли, а также после ее взаимодействия с культуральной средой через 1, 24, 168, 336, 744 ч экспозиции. В ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора была

¹ Ambient (outdoor) air pollution [Электронный ресурс]. Доступно по: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). (дата обращения: 12.02.2025).

² Particulate Matter (PM) Basics [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM> (дата обращения: 12.02.2025).

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=450207&ysclid=mfuswic2ru464475133> (дата обращения: 12.02.2025).

⁴ ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц. Москва: Стандартинформ, 2017. 35 с.

⁵ ГОСТ Р ИСО 14644-8-2014. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 8. Классификация чистоты воздуха по концентрации химических загрязнений. Москва: Стандартинформ, 2014. 23 с.

⁶ ГОСТ Р ИСО 14644-9-2013. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 9. Классификация чистоты поверхностей по концентрации частиц. Москва: Стандартинформ, 2014. 23 с.

⁷ ГОСТ Р ИСО 14644-10-2014. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 10. Классификация чистоты поверхностей по концентрации химических загрязнений. Москва: Стандартинформ, 2014. 36 с.

аттестована методика⁸ по определению физических параметров респираторной фракции аэрозолей с помощью диэлектрофореза, что позволило расширить применение данного метода в новом исследовании. Приборная база позволяет одновременно регистрировать статистические размеры мелкодисперсных твердых частиц по числу частиц, длине частиц, площади частиц, объему частиц; регистрировать динамическую вязкость анализируемой среды с использованием математического аппарата^{9,10}. Форма частиц была идентифицирована в соответствии с классификацией Фукса¹¹; коэффициент диффузии частиц вычислен по формуле Стокса – Эйнштейна [12, 13].

Результаты. В процессе взаимодействия твердых мелкодисперсных частиц пыли от стационарного источника выбросов с культуральной средой были

выявлены изменения всех физических параметров. Результаты исследований представлены в таблице.

Наиболее широкие границы диапазона распределения частиц были выявлены в образце исходной пыли после диспергирования в дистиллированной воде до начала эксперимента, а также через 1 и 744 ч экспозиции с биологически активными компонентами (рисунок А, В, F; таблица), тогда как существенное уменьшение диапазонов и среднего значения размера частиц наблюдалось после 168 и 336 ч (рисунок D, E; таблица).

Наименьшие значения удельной поверхности частиц выявлены у частиц пыли до начала эксперимента, через 24 и 744 ч экспозиции; а через 168 и 336 ч значения этого показателя были максимальными. После 1 ч экспозиции исходная геометрическая форма частиц (октаэдр) трансформировалась

Таблица. Физические параметры твердых мелкодисперсных частиц пыли после экспозиции с биологически активными молекулами

Table. Physical parameters of fine particles following exposure to biologically active molecules

Определяемый физический параметр частиц в анализируемой среде / Physical parameter of particles measured in the medium	Значения и характеристики физических параметров частиц до начала эксперимента / Values and characteristics of the physical parameters of particles before the experiment	Изменение физических параметров частиц после экспозиции в культуральной среде во времени, ч / Changes in physical parameters of fine particles after exposure to the culture medium over time, hours				
		1	24	168	336	744
Диапазон распределения твердых мелкодисперсных частиц, нм / Size distribution of fine particles, nm	32,60–954,61	0,84–984,77	26,09–562,03	13,04–44,52	17,54–110,64	40,95–882,26
Среднее значение размера твердых мелкодисперсных частиц по объему, нм / Mean size of fine particles by volume, nm	196,87 ± 31,50 *	72,16 ± 11,55	115,49 ± 18,48	21,44 ± 3,43	37,06 ± 5,93	192,37 ± 30,78
Среднее значение удельной поверхности твердых мелкодисперсных частиц, нм ² /нм ³ / Mean specific surface area of fine particles, nm ² /nm ³	0,03	0,09	0,05	0,28	0,16	0,03
Геометрическая форма и строение твердых мелкодисперсных частиц / Geometric shape and structure of fine particles	Октаэдр / Octahedron	Сильно вытянуты в одном или в двух измерениях (например, снежинка) / Elongated in one or two dimensions (e.g., a snowflake)	Шар / Sphere	Шар / Sphere	Шар / Sphere	Октаэдр / Octahedron
Коэффициент диффузии твердых мелкодисперсных частиц, D·10 ⁻¹⁴ , см ² /с / Diffusion coefficient of fine particles, D·10 ⁻¹⁴ , cm ² /s	2,42	0,71	0,46	2,33	1,34	0,24

Примечание: * – планка погрешности составляет ± 16 %.

Note: * the error bar is ± 16 %.

⁸ МУК 4.1.3923–23 Методика измерений массовой концентрации элементов, содержащихся в респираторной фракции аэрозолей, в индуцированной мокроте человека методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и обработкой данных по гранулометрическому составу.

⁹ A Novel Approach to Particle Size Measurement in the Single-Nanometer Range [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.americanlaboratory.com/914-Application-Notes/556-A-Novel-Approach-to-Particle-Size-Measurement-in-the-Single-Nanometer-Range/> (дата обращения: 12.02.2025).

¹⁰ Single Nano Particle Size Analyzer IG-1000 Plus [Электронный ресурс]. Доступно по: https://star-lab.am/upload/iblock/e83/tvr3g45gdc9wnmpf9c9g2l2rjnjbwha/ig_1000_plus_shimadzu.pdf (дата обращения: 12.02.2025).

¹¹ Фукс Н. А. Механика аэрозолей. Москва: Изд-во АН СССР, 1955. 351 с.

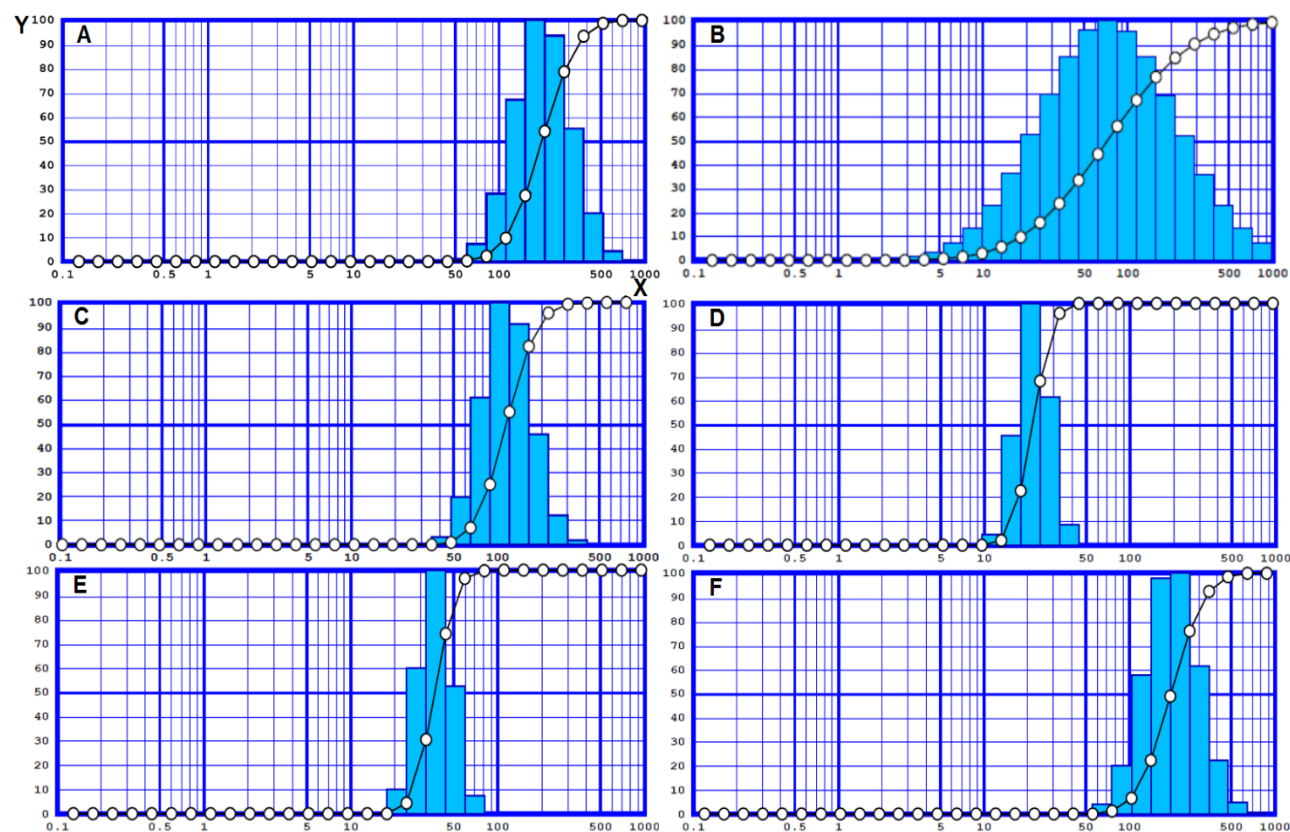


Рисунок. Кривые распределения размеров твердых мелкодисперсных частиц: А – исходной пыли после диспергирования в дистиллированной воде; после экспозиции в культуральной среде: В – через 1 ч; С – через 24 ч; D – через 168 ч; E – через 336 ч; F – через 744 ч (по оси X: размер частиц, нм; по оси Y: нормализованное количество частиц)

Figure. Particle size distribution curves for (A) original particles dispersed in distilled water and those following exposure to the culture medium during (B) an hour, (C) 24 hours, (D) 168 hours, (E) 336 hours, and (F) 744 hours (along x-axis: Particle size, nm; y-axis: Normalized particle count)

до сильно вытянутой (таблица). При дальнейшей экспозиции частицы приобретали форму шара, а при максимальном времени эксперимента форма частиц становилась октаэдрической.

Коэффициент диффузии частиц в анализируемой модельной среде был максимальным до эксперимента, а также после 168 и 336 ч экспозиции в культуральной среде. Диапазон распределения, среднее значение размера и удельной поверхности, геометрическая форма были практически одинаковыми у твердых мелкодисперсных частиц пыли до начала эксперимента и после 744 ч экспозиции.

Обсуждение. Состав содержащейся в атмосферном воздухе пыли может быть очень сложным, включать тяжелые металлы и токсичные элементы [14, 15]. Химический состав пыли может варьироваться в зависимости от типа металлургического процесса [6]. Негативный эффект от воздействия пыли на человеческий организм может быть обусловлен как ее элементным, так и дисперсным составом [8, 16, 17]. Обнаруженные изменения физических параметров мелкодисперсных частиц пыли свидетельствуют о происходящих взаимодействиях между компонентами системы во времени. Представленные результаты эксперимента и их обсуждение не затрагивают химический состав

пыли, а охарактеризованы только по физическим параметрам.

Среда «Игла MEM» с солями Эрла и с глутамином представляет растворенную в дистиллированной воде смесь неорганических солей, аминокислот, витаминов, глюкозы и предназначена для выращивания культур клеток. Использование данной среды создавало условия, приближенные к проведению цитологического эксперимента. Сыворотка КРС содержит белки, на которых широко изучены процессы взаимодействия высокодисперсных частиц и ионов металлов [9–11, 13], что позволяет интерпретировать установленные в ходе текущего эксперимента результаты. В частности, при исследовании взаимодействия наночастиц золота со смесью бычьего сывороточного альбумина и γ -глобулина в растворе было выявлено образование комплексов наночастиц исключительно с γ -глобулином [13]. Увеличение отношения поверхности к объему наночастиц, как правило, способствует адсорбции большего количества белков. Наряду с этим было показано, что высокодисперсные частицы (< 70 нм) имели более низкое сродство к человеческому сывороточному альбумину по сравнению с более крупными частицами (размером около 200 нм) из-за стерических эффектов, вызванных переполнением белков и меньшей площадью поверхности, доступной

для отдельных белков [18]. В соответствии с полученными результатами можно предположить более высокую адсорбционную способность по отношению к белку твердых мелкодисперсных частиц после 1, 24 и 744 ч экспозиции, а также частиц исходной пыли до эксперимента. С учетом состава используемой в эксперименте среды, наиболее приоритетным компонентом для взаимодействия с твердыми мелкодисперсными частицами пыли становится γ -глобулин. Однако нужно учитывать тот факт, что некоторые белки предпочитают связывать более гидрофобные или гидрофильные наночастицы [18]. Поэтому изучение свойств, поведения твердых мелкодисперсных частиц в биологических средах должно учитывать в том числе их растворимость в воде, размер и состав белковой короны.

В соответствии с информацией о зависимости между размером частиц, их подвижностью и проникающей способностью [6] наиболее вероятно прохождение через биологические мембраны высокодисперсных частиц после 1, 168 и 336 ч экспозиции в культуральной среде. Согласно экспериментальным данным [19, 20], наибольшим токсическим эффектом обладают частицы вытянутой формы за счет повреждения клеточных мембран. Следовательно, обнаруженные после 1 ч экспозиции высокодисперсные частицы сильно вытянутой формы потенциально более опасны для клеточных мембран в сравнении с шарообразными. Данное заключение обосновывает целесообразность изучения время-зависимого состояния клеточных мембран в экспериментах *in vitro*.

Выявленные в ходе эксперимента изменения размеров, геометрической формы частиц могли произойти под воздействием присутствующих либо образующихся в культуральной среде компонентов. В работе [21] экспериментально было установлено, что pH, температура, присутствие некоторых матричных компонентов раствора служат для управления анизотропным ростом наночастицы золота. К модифицирующим компонентам, добавляемым в раствор для образования и стабилизации наночастиц, относятся L-аскорбиновая кислота, 4-(2-гидроксиэтил)-1-пиперазинэтансульфоновая кислота, диметилформамид, реагенты с кислородсодержащими функциональными группами [21, 22]. Можно предположить, что те или иные присутствующие в культуральной среде компоненты в течение эксперимента играли роль модификаторов и стабилизаторов твердых мелкодисперсных частиц.

Коэффициент диффузии определяется отношением силы, обусловленной градиентом химического потенциала к коэффициенту трения частицы в растворителе [23]. По формуле Стокса – Эйнштейна [24] значение коэффициента диффузии обратно пропорционально радиусу частицы. Значительное уменьшение среднего значения размера частиц пыли после 168 и 336 ч экспозиции в культуральной среде приводит к повышению коэффициента диффузии и, как следствие, подвижности частиц и скорости связанных с ними химических реакций. Адсорбция белков на поверхности частиц приводит к изменению физико-химических параметров нано-

частиц, включая размер, дзета-потенциал, форму, поверхностный заряд и стабильность коллоидного раствора. Эти параметры влияют на взаимодействие наночастиц с клеткой, и изменения этих параметров впоследствии изменяют биологическую судьбу наночастиц [25]. Тем самым взаимодействие твердых мелкодисперсных частиц пыли с биологически активными молекулами способно привести к изменению их химической и биохимической активности и, как следствие, токсичности.

Таким образом, проведение исследований *in vitro* позволило установить связь и проследить во времени изменение свойств исходных компонентов, тогда как проведение эксперимента *in vivo* на аналогичном объекте исследования – твердых частицах пыли горно-металлургического предприятия – будет затруднено. Проведение модельных экспериментов с применением методов математической обработки позволит создавать условия по воздействию физических свойств твердых частиц различной дисперсности на биологическом уровне и прогнозировать их токсические свойства.

Выводы

1. В эксперименте *in vitro* в период от 1 до 744 ч наблюдались изменения физических параметров частиц: диапазоны распределения, средние значения размеров, удельная поверхность, геометрическая форма.

2. Наибольший диапазон распределения твердых мелкодисперсных частиц выявлен через 1 ч экспозиции (от 0,84 до 984,77 нм), тогда как через 168 и 336 ч диапазон был значительно уже (от 13,04 до 44,52 и от 17,54 до 110,64 нм). Частицы были сильно вытянутыми в одном или в двух измерениях через 1 ч, шарообразными через 24, 168, 336 ч, октаэдрическими через 744 ч. После 168 и 336 ч выявлены максимальные значения удельной поверхности (0,28 и 0,16 нм²/нм³). Диапазон распределения, среднее значение размера и удельной поверхности, геометрическая форма были практически одинаковыми у мелкодисперсных частиц пыли до начала эксперимента и после 744 ч экспозиции.

3. Результаты проведенного модельного эксперимента служат доказательством взаимодействия мелкодисперсной фракции пыли с биологически активными молекулами, что необходимо учитывать при оценке клеточной токсичности при планировании токсиколого-гигиенических исследований.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному руководителю д.м.н. В.Б. Гурвичу за помощь в организации работ и интерпретации данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Front Public Health*. 2020;8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014
2. Brown JS, Gordon T, Price O, Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment. *Part Fibre Toxicol*. 2013;10:12. doi: 10.1186/1743-8977-10-12
3. Brzezina J, Köbölóvá K, Adamec V. Nanoparticle number concentration in the air in relation to the time of the

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-38-44>
Original Research Article

- year and time of the day. *Atmosphere*. 2020;11(5):523. doi: 10.3390/atmos11050523
4. Machaczka O, Jirik V, Brezinova V, et al. Evaluation of fine and ultrafine particles proportion in airborne dust in an industrial area. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(17):8915. doi: 10.3390/ijerph18178915
 5. Slezakova K, Morais S, do Carmo Pereira M. Atmospheric nanoparticles and their impacts on public health. In: Rodriguez-Morales AJ, ed. *Current Topics in Public Health*. InTech; 2013:503-529. doi: 10.5772/54775
 6. Ермолин М.С., Федотов П.С., Дженлода Р.Х. и др. Фракционирование, характеристика и анализ нано- и микрочастиц при оценке вклада металлургического предприятия в загрязнение городской пыли // Журн. аналит. химии. 2020. Т. 75. № 9. С. 844-853. doi: 10.31857/S0044450220090108
Ermolin MS, Fedotov PS, Dzenlod RK, et al. Fractionation, characterization, and analysis of nano- and microparticles in the estimation of the contribution of a metallurgical enterprise to the pollution of urban dust. *Journal of Analytical Chemistry*. 2020;75(9):1227-1235. doi: 10.1134/S1061934820090105
 7. Yang L, Li C, Tang X. The impact of PM2.5 on the host defense of respiratory system. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8:91. doi: 10.3389/fcell.2020.00091
 8. Taylor DA. Dust in the wind. *Environ Health Perspect*. 2002;110(2):A80-A87. doi: 10.1289/ehp.110-a80
 9. Ji Y, Wang Y, Wang X, et al. Beyond the promise: Exploring the complex interactions of nanoparticles within biological systems. *J Hazard Mater*. 2024;468:133800. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.133800
 10. Liu N, Tang M, Ding J. The interaction between nanoparticles-protein corona complex and cells and its toxic effect on cells. *Chemosphere*. 2020;245:125624. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125624
 11. Tavanti F, Menziani MC. Computational insight on the interaction of common blood proteins with gold nanoparticles. *Int J Mol Sci*. 2021;22(16):8722. doi: 10.3390/ijms22168722
 12. Hamada M, de Anna P. A method to measure the diffusion coefficient in liquids. *Transp Porous Media*. 2023;146(1-2):463-474. doi: 10.1007/s11242-021-01704-0
 13. Самсонова Ю.С., Петрова Г.П., Гибизова В.В. и др. Исследование взаимодействия молекул альбумина с наночастицами алмазов в водных растворах методом динамического рассеяния света // Квантовая электроника. 2012. Т. 42. № 6. С. 484-488.
Samsonova YS, Petrova GP, Gibizova VV, et al. Investigation of interaction of albumin molecules with diamond nanoparticles in aqueous solutions by dynamic light scattering. *Quantum Electronics*. 2012;42(6):484-488. doi: 10.1070/QE2012v042n06ABEH014903
 14. May IV, Zagorodnov SYu. Dust emissions of industrial enterprises as a factor of negative impact on the agricultural territories. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2019;315(5):052079. doi: 10.1088/1755-1315/315/5/052079
 15. Zhang G, Ding C, Jiang X, Pan G, Wei X, Sun Y. Chemical compositions and sources contribution of atmospheric particles at a typical steel industrial urban site. *Sci Rep*. 2020;10(1):7654. doi: 10.1038/s41598-020-64519-x
 16. Zychowski KE, Wheeler A, Sanchez B, et al. Toxic effects of particulate matter derived from dust samples near the Dzhidinski ore processing mill, Eastern Siberia, Russia. *Cardiovasc Toxicol*. 2019;19(5):401-411. doi: 10.1007/s12012-019-09507-y
 17. Alves C, Evtyugina M, Vicente E, et al. PM2.5 chemical composition and health risks by inhalation near a chemical complex. *J Environ Sci (China)*. 2023;124:860-874. doi: 10.1016/j.jes.2022.02.013
 18. Bilardo R, Traldi F, Vdovchenko A, Resmini M. Influence of surface chemistry and morphology of nanoparticles on protein corona formation. *Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol*. 2022;14(4):e1788. doi: 10.1002/wnan.1788
 19. Doshi N, Mitragotri S. Needle-shaped polymeric particles induce transient disruption of cell membranes. *J R Soc Interface*. 2010;7(Suppl 4):S403-S410. doi: 10.1098/rsif.2010.0134.focus
 20. Lee JH, Ju JE, Kim BI, et al. Rod-shaped iron oxide nanoparticles are more toxic than sphere-shaped nanoparticles to murine macrophage cells. *Environ Toxicol Chem*. 2014;33(12):2759-2766. doi: 10.1002/etc.2735
 21. Vinnacombe-Willson GA, Conti Y, Stefancu A, Weiss P S, Cortés E, Scarabelli L. Direct bottom-up *in situ* growth: A paradigm shift for studies in wet-chemical synthesis of gold nanoparticles. *Chem Rev*. 2023;123(13):8488-8529. doi: 10.1021/acs.chemrev.2c00914
 22. Khalil MT, Zhang P, Han G, Wu X, Li B, Xiao M. Green synthesis of gold nanoparticles for catalytic reduction of 4-nitrophenol and methylene blue for sustainable development. *Sustain Polym Energy*. 2024;2(1):10002. doi: 10.35534/spe.2024.10002
 23. Katayama K, Nomura H, Ogata H, Eitoku T. Diffusion coefficients for nanoparticles under flow and stop-flow conditions. *Phys Chem Chem Phys*. 2009;11(44):10494-10499. doi: 10.1039/b911535h
 24. Unni M, Savliwala S, Partain BD, et al. Fast nanoparticle rotational and translational diffusion in synovial fluid and hyaluronic acid solutions. *Sci Adv*. 2021;7(27):eabf8467. doi: 10.1126/sciadv.abf8467
 25. Satzer P, Svec F, Sekot G, Jungbauer A. Protein adsorption onto nanoparticles induces conformational changes: Particle size dependency, kinetics, and mechanisms. *Eng Life Sci*. 2016;16(3):238-246. doi: 10.1002/elsc.201500059

Сведения об авторах:

✉ **Хлыстов Иван Андреевич** – к.б.н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: hlistovia@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4632-6060>.

Штин Татьяна Николаевна – к.х.н., заведующий отделом физико-химических методов исследования; e-mail: shtintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Бушуева Татьяна Викторовна – д.м.н., заведующий научно-производственным отделом «Лабораторно-диагностические технологии»; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Харькова Полина Константиновна – младший научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: harkovark@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-0246>.

Патрикеева Алла Николаевна – заведующий отделом промышленной экологии и гигиенической экспертизы; e-mail: patrikeeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5375-5791>.

Кондакова Лидия Вадимовна – научный сотрудник отдела физико-химических методов исследования; e-mail: kondakova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3961-060X>.

Новосельцева Елизавета Евгеньевна – лаборант лаборатории гигиены окружающей среды и экологии человека отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; e-mail: novoseltsevae@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4976-346X>.

Плотко Эдуард Григорьевич – д.м.н., научный консультант, главный научный сотрудник организационно-методического отдела; e-mail: edvardp@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Патрикеева А.Н., Плотко Э.Г.*; сбор данных, анализ и интерпретация результатов: *Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Бушueva Т.В., Патрикеева А.Н.*; обзор литературы, редактирование: *Харькова П.К., Кондакова Л.В., Новосельцева Е.Е.*; подготовка проекта рукописи: *Хлыстов И.А., Бушueva Т.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 22.05.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликовано: 31.10.25

Author information:

✉ Ivan A. **Khlystov**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: hlistovia@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4632-6060>.

Tatiana N. **Shtin**, Cand. Sci. (Chem.), Head of the Department of Physicochemical Analytical Methods; e-mail: shtintn@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-8016>.

Tatiana V. **Bushueva**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Research and Production Department of Laboratory Diagnostic Technologies; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Polina K. **Kharkova**, Junior Researcher, Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: harkovapk@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-0246>.

Alla N. **Patrikeeva**, Head of the Department of Industrial Ecology and Hygienic Expertise; e-mail: patrikeeva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5375-5791>.

Lidiya V. **Kondakova**, Researcher, Department of Physicochemical Analytical Methods; e-mail: kondakova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3961-060X>.

Elizaveta E. **Novoseltseva**, Laboratory Assistant, Laboratory of Environmental Health and Human Ecology, Department of Complex Problems of Hygiene and Disease Prevention; e-mail: novoseltsevae@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4976-346X>.

Edvard G. **Plotko**, Dr. Sci. (Med.), Scientific Consultant, Chief Researcher, Organizational and Methodological Department; e-mail: edvardp@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625>.

Author contributions: study conception and design: *Khlystov I.A., Shtin T.N., Patrikeeva A.N., Plotko E.G.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Khlystov I.A., Shtin T.N., Bushueva T.V., Patrikeeva A.N.*; bibliography compilation and referencing, editing: *Kharkova P.K., Kondakova L.V., Novoseltseva E.E.*; draft manuscript preparation: *Khlystov I.A., Bushueva T.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: May 22, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Мировой опыт по разработке индексов для комплексной оценки рациона детей и подростков. Литературный обзор

К.В. Кудрявцева, Е.А. Смирнова, А.К. Батурич

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

Резюме

Введение. Качество питания детей – ключевой фактор их физического и когнитивного развития. Для его оценки по всему миру разрабатывают специализированные индексы, учитывающие возрастные потребности, национальные диетологические рекомендации и особенности пищевого поведения. В данной статье представлен обзор основных индексов качества питания для детей, методик их конструирования, их преимуществ и ограничений.

Целью исследования является анализ различных индексов качества питания, которые используются в мировой практике для анализа рационов детей.

Материалы и методы. Литературный поиск исследований по разработке индексов качества питания, их обоснованию и анализу был осуществлен с помощью баз данных на платформах PubMed, Elsevier, Science Daily, ResearchGate по ключевым словам: «питание детей», «качество рациона детей», «индекс здорового питания для детей», «HEI-toddlers», «KIDMED», «DDS for children», «MAD». Всего было проанализировано 50 научных работ (42 зарубежных и 8 российских), опубликованных по теме в период 2004–2025 гг., при этом 29 работ не старше 2020 г. выпуска.

Результаты. В данном обзоре были рассмотрены 6 ключевых индексов, используемых в зарубежной практике и оценивающих качество питания детей на основе данных о потреблении пищевых продуктов – HEI (Healthy Eating Index), DQI-C (Diet Quality Index for Children), KIDMED (Mediterranean Diet Quality), DDS (Dietary Diversity Score) и MAD.

Заключение. Стандартизированный индекс HEI подходит для мониторинга на национальном уровне, а индекс DQI-C с более гибкой системой оценивания – для комплексного анализа качества питания в локальных исследованиях. Индекс KIDMED оценивает приверженность средиземноморской диете у детей, а DDS фокусируется только на разнообразии рациона.

Ключевые слова: питание детей, качество рациона детей, индекс здорового питания, разнообразие рациона, оценка качества питания детей.

Для цитирования: Кудрявцева К.В., Смирнова Е.А., Батурич А.К. Мировой опыт по разработке индексов для комплексной оценки рациона детей и подростков. Литературный обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 45–55. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55

World Experience in Developing Indices for a Comprehensive Assessment of the Diet of Children and Adolescents: A Literature Review

Ksenya V. Kudryavtseva, Elena A. Smirnova, Alexandr K. Baturin

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

Summary

Introduction: Diet quality is a key factor in physical and mental development of children. To assess it, special indices that take into account age-specific needs, national dietary guidelines, and eating habits are being developed worldwide. This article provides an overview of the main diet quality indices for children, methods of their construction, advantages and limitations.

Objective: To analyze various diet quality indices used globally to evaluate diets of the pediatric population.

Material and Methods: The search for publications on the development of diet quality indices, their substantiation and analysis was done in PubMed, Elsevier, Science Daily, and ResearchGate databases using the following keywords: childhood nutrition, children's diet quality, healthy eating index for children, HEI-Toddlers, KIDMED, DDS for children, and MAD. We have reviewed 42 foreign and eight Russian scientific papers on the topic published in 2004–2025, of which 29 were issued after January 1, 2020.

Results: This review examines six key indices used in foreign practice to assess children's diet quality based on food consumption data, namely, the Healthy Eating Index (HEI), Diet Quality Index for Children (DQI-C), Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED), Dietary Diversity Score (DDS), and Minimal Acceptable Diet (MAD).

Conclusions: The Healthy Eating Index is suitable for monitoring at the national level while DQI-C with its more flexible scoring system is appropriate for comprehensive diet quality analysis in local studies. KIDMED evaluates adherence to the Mediterranean dietary pattern among children whereas DDS focuses on dietary diversity.

Keywords: children, diet quality, healthy eating index (HEI), dietary diversity, assessment.

Cite as: Kudryavtseva KV, Smirnova EA, Baturin AK. World experience in developing indices for a comprehensive assessment of the diet of children and adolescents: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):45–55. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55

Введение. Питание является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье человека на протяжении всей жизни, и имеет особое значение в детском возрасте, когда формируются основы физического, когнитивного и эмоционального развития. Нарушения в структуре рациона в этот

период могут привести не только к краткосрочным последствиям, таким как задержка роста или снижение иммунитета, но и к долгосрочным рискам развития алиментарно-зависимых заболеваний, включая ожирение, сахарный диабет 2-го типа и сердечно-сосудистые патологии [1, 2]. В связи

с этим оценка качества питания детей становится важнейшей задачей как для врачей и диетологов, так и для политиков в области общественного здравоохранения [3].

Оценка качества рациона представляет собой сложную методологическую задачу. В отличие от простого анализа потребления отдельных нутриентов или пищевых групп, она требует комплексного подхода, учитывающего множество факторов: соответствие рациона возрастным потребностям, баланс макро- и микронутриентов, разнообразие пищевых продуктов, а также ограничение потребления продуктов – источников критически значимых нутриентов, таких как добавленные сахара, насыщенные жиры и пищевая соль. Именно для решения этих задач были разработаны индексы качества питания – научные обоснованные инструменты, позволяющие количественно оценить соответствие фактического рациона рекомендуемым моделям здорового питания.

Первые попытки систематической оценки качества питания относятся ко второй половине XX века, однако наибольшее развитие это направление получило в последние три десятилетия. За это время было разработано множество различных индексов, отличающихся методологическими подходами, целевыми популяциями и степенью сложности. Среди них можно выделить несколько основных групп: индексы, основанные на национальных диетологических рекомендациях (например, Healthy Eating Index в США), индексы, отражающие национальные модели здорового питания (такие, как Mediterranean Diet Score), а также специализированные индексы для отдельных возрастных групп или популяций с особыми потребностями [4–6].

Особое место в этом ряду занимают индексы, разработанные специально для оценки качества питания детей. Их создание связано с рядом уникальных методологических вызовов. Во-первых, детский рацион существенно отличается от взрослого, как по количественным, так и по качественным характеристикам. Во-вторых, пищевые привычки детей находятся в процессе формирования и сильно зависят от культурных, социальных и семейных факторов. В-третьих, потребности в нутриентах значительно варьируют в зависимости от возраста, что требует создания либо возрастнo-специфичных индексов, либо гибких систем оценки, адаптируемых под разные возрастные группы.

Современные детские индексы качества питания можно условно разделить на несколько категорий по их методологическим особенностям. К первой группе относятся комплексные индексы, такие как Healthy Eating Index (HEI) и его модификация для детей (HEI-Toddlers), которые оценивают соответствие рациона национальным диетологическим рекомендациям. Вторая группа включает индексы, основанные на принципах специфических диетологических подходов, например, KIDMED для оценки приверженности средиземноморской диете. Третья группа представлена простыми скрининговыми инструментами, такими как Dietary Diversity Score (DDS), которые позволяют быстро оценить разно-

образии рациона, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов. Отдельно стоит отметить индексы, разработанные для специфических возрастных подгрупп, например, для младенцев при введении прикорма или подростков.

Несмотря на значительный прогресс в разработке ИКП, остается ряд нерешенных методологических проблем. Во-первых, большинство существующих индексов были созданы для стран с высоким уровнем дохода и отражают соответствующие диетологические рекомендации, что ограничивает их применимость в других регионах. Во-вторых, сохраняются вопросы относительно оптимального баланса между сложностью индекса (и, соответственно, его информативностью) и практичностью его использования в полевых условиях. В-третьих, недостаточно изучена достоверность различных индексов применительно к прогнозированию рисков для здоровья детей.

В данной статье представлен систематический обзор современных подходов к оценке качества питания детей через призму индексов качества питания, анализируем их методологические основы, области применения, преимущества и ограничения, а также обсуждаем перспективные направления развития этих инструментов. Особое внимание уделяется практическим аспектам выбора и использования индекса в зависимости от конкретных исследовательских или клинических задач. Наш обзор основан на критическом анализе последних научных публикаций, включая систематические обзоры и оригинальные исследования, что позволяет предложить взвешенные рекомендации по применению индексов качества питания в различных контекстах.

В условиях глобального роста детского ожирения и других алиментарно-зависимых состояний, разработка и совершенствование инструментов оценки качества питания становятся ключевым элементом стратегий их профилактики. Кроме того, понимание сильных и слабых сторон различных индексов необходимо для корректной интерпретации результатов эпидемиологических исследований, связывающих особенности питания с различными аспектами здоровья детей. Наконец, этот анализ важен для выработки рекомендаций по дальнейшему совершенствованию методологии оценки качества питания с учетом последних достижений нутрициологии и смежных дисциплин. Таким образом, **цель исследования** – всесторонний и критический обзор современных индексов оценки качества питания детей, представляющий ценность для исследователей и практиков в области детского здоровья.

Материалы и методы. Литературный поиск публикаций по разработке индексов качества питания для детей, используемых в мировой практике, их обоснованию и анализу был осуществлен за период 2004–2025 гг., в срок с 01.01.2025 по 30.04.2025 с помощью баз данных на платформах PubMed, Elsevier, Science Daily, ResearchGate по ключевым словам: «питание детей», «качество рациона детей», «индекс здорового питания для детей», «HEI-toddlers», «KIDMED», «DDS for children», «MAD»,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55>
Review Article

«nutrition of children», «quality of children's diet», «diet quality index for children», «HEI-toddlers», «KIDMED», «DDS for children», «MAD». Было обнаружено 8892 научные работы с использованием термина «качество питания детей», из них анализу подлежали статьи с упоминанием названия индекса качества питания в разделе «ключевые слова» с целью выявления наиболее часто упоминаемых индексов. Далее поиск осуществлялся по названиям наиболее часто встречающихся в литературе детских индексов качества питания («HEI-toddlers», «KIDMED», «DDS for children», «MAD»). Всего было обнаружено 2512 научных работ по запросу «DQI-C (Diet Quality Index for Children)»; 25 англоязычных публикаций по запросу «HEI-toddlers»; 404 работы по запросу «KIDMED»; 820 работ по запросу «DDS for children» и 840 публикаций по запросу «MAD». Основной целью исследований, которые были включены в данный обзор, являлись анализ, разработка и применение индексов качества питания при анализе детских рационов, а также исследование зависимостей индексов от различных факторов. Публикации, в которых анализ индексов являлся не основной темой исследования, а сами индексы упоминались лишь в обзоре литературы или в качестве дополнительного критерия оценки рациона, были исключены из отобранных для данного исследования работ. Всего в данный обзор было включено 50 статей, соответствующих теме, 43 из которых не старше 10 лет (с 2015 г.), 29 работ не старше 5 лет. Всего были проанализированы 42 иностранные статьи и 8 российских.

Результаты исследования. В современной международной нутрициологии разработан целый ряд инструментов для оценки качества питания детей, каждый из которых имеет свои методологические особенности, преимущества и ограничения. Индекс HEI (Healthy Eating Index) и его детская версия HEI-Toddlers представляют собой наиболее стандартизированные инструменты, разработанные в США [7]. Эти индексы основаны на строгом соответствии рекомендациям по питанию для американцев и включают комплексную оценку потребления 12 компонентов питания, разделенных на две группы: адекватность (потребление продуктов, составляющих здоровый рацион) и умеренность (ограничение потребления продуктов, содержащих критически значимые нутриенты). Их главное преимущество – высокая достоверность и взаимосвязь с некоторыми показателями здоровья, однако необходимость точных данных о питании ограничивает их применение [8–10]. В американском исследовании качества питания детей младшего возраста, участвовавших в проекте «Кормление младенцев и детей младшего возраста» в 2016 г., качество рациона оценивали с помощью индекса HEI-toddlers. Средний балл по шкале HEI-Toddlers-2020 среди детей в возрасте от 12 до 23,9 месяцев, составил 71,2 из 100 возможных. Баллы (среднее значение, стандартная ошибка) различались в зависимости от расы и этнической принадлежности: у детей-латиноамериканцев баллы были выше, чем у остальных детей. По результатам исследования дети младшего возраста потребля-

ли избыточное количество добавленного сахара и меньше, чем рекомендуется, количество морепродуктов, растительного белка, зелени, бобовых, а также цельнозерновых продуктов и овощей [11].

В Европе наиболее часто используемым инструментом для оценки питания является DQI-C (Diet Quality Index for Children), который оценивает четыре ключевых аспекта: разнообразие рациона, адекватность рациона (соответствие рациона физиологическим потребностям), ограничение потребления продуктов – источников критически значимых нутриентов и вклад макроэлементов в калорийность рациона (%E) [12–14]. Его гибкость позволяет адаптировать критерии под разные культурные традиции, однако отсутствие единого стандарта и определенная субъективность оценки могут влиять на сопоставимость результатов между исследованиями. Так, в Канаде применяли индекс DQI-C для оценки качества питания детей дошкольного возраста. Индекс был разработан на основе канадских рекомендаций по питанию с помощью данных о частоте потребления пищевых продуктов и состоял всего из четырех групп пищевых продуктов, соответствующих здоровому рациону (овощи и фрукты, зерновые продукты, молоко и заменители, мясо и заменители), и двух групп продуктов – источников добавленных сахаров (конфеты/снеки и напитки с сахаром). Авторы сделали вывод, что данный индекс может успешно использоваться для ранжирования детей дошкольного возраста по качеству их рациона и анализу избыточного или недостаточного потребления определенных групп продуктов, что может в итоге улучшить качество рациона детей дошкольного возраста в Канаде [15]. Информативность и достоверность данного индекса также была исследована в Австралии при оценке качества питания австралийских дошкольников. Индекс DQI был разработан на основе данных о потреблении пищевых продуктов. Качество рациона оценивали с использованием австралийской шкалы рекомендуемых продуктов питания для дошкольников. Дети, у которых индекс DQI-C составил менее 36 баллов, с большей вероятностью потребляли недостаточное количество микроэлементов [16–18].

В 2004 г. был опубликован индекс KIDMED для оценки приверженности детей и подростков средиземноморской диете [19]. Его относительная простота (16 бинарных вопросов) делает его удобным для скрининга, но региональная специфика существенно ограничивает географию его применения. При этом он не учитывает количественные параметры потребления, что снижает его информативность [20]. Первым этапом при разработке индекса KIDMED является анкетирование ребенка/родителей, далее осуществляют обработку полученных данных и суммируют баллы за потребление групп пищевых продуктов (максимум 12). Данные интерпретируются следующим образом: KIDMED ≥ 8 – хорошее качество питания; 4–7 – среднее; KIDMED ≤ 3 – низкое [21]. Около 30 % подростков на Балеарских островах показали высокую приверженность средиземноморской диете, а 15,7 % – низкую. Доля подростков, которые, по их словам,

не завтракали, была выше среди девочек, чем среди мальчиков. Вероятность низкой приверженности к средиземноморской диете отмечена у подростков, которые обычно смотрят телевизор во время еды, у мальчиков, которые едят менее 3 раз в день, и у физически неактивных девочек [22]. В 2021 г. в Испании было проведено исследование с участием 419 детей и подростков и протестирована новая версия индекса KIDMED 2.0. Новая версия KIDMED 2.0 показала себя надежным и достоверным инструментом для оценки соблюдения средиземноморской диеты детьми и подростками [23, 24]. На основании научных данных регулярно предлагались изменения в анкете KIDMED, например, включение в анкету вопросов о потреблении цельнозерновых продуктов и свежих фруктов вместо фруктовых соков [25]. В Великобритании было проведено исследование по разработке обновленного опросника частоты потребления пищевых продуктов (FFQ) для оценки качества питания британских подростков с помощью индекса KIDMED. Для создания краткого опросника о частоте потребления пищевых продуктов из 139 групп продуктов представленных в банке данных отобрали 10 продуктов, наиболее важных для здорового рациона (например, фрукты, овощи, цельнозерновые продукты) и 10 продуктов – источников критически значимых нутриентов (например, сладости, фастфуд, сладкие напитки). На основе этих данных был разработан опросник, состоящий из 20 вопросов, в котором оценка качества питания рассчитывалась как взвешенная сумма потребления двух вышеперечисленных групп продуктов. Для оценки достоверности сравнивались корреляции рассчитанного индекса KIDMED с биомаркерами питания (например, витамин D, каротиноиды) и социально-демографическими факторами. В результате исследования были сделаны следующие выводы: потребление продуктов, важных для здорового рациона, положительно коррелировало с уровнем каротиноидов; потребление продуктов – источников критически значимых нутриентов ассоциировалось с низким витамином D; девочки и подростки из семей с высоким социально-экономическим статусом имели более высокие баллы качества питания. К преимуществам предложенного опросника можно отнести его практичность (заполнение анкеты занимало 5–7 минут); его адаптивность под подростков (учет типичных для этой возрастной группы продуктов, таких как энергетические напитки, чипсы) и возможность отслеживания динамики за счет стандартизированного опросника. Однако индекс не учитывает размеры порций и частоту потребления вне дома и возможен риск искажения реальных данных [26]. В Турции также использовали индекс KIDMED для исследования осведомленности о питании и качестве рациона у подростков. Уровень осведомленности участников о правильном питании определяли с помощью анкеты из 20 вопросов, а их пищевые привычки – с помощью 16-балльной шкалы качества средиземноморской диеты (KIDMED). Результаты исследования показали, что качество питания респондентов было низким и уровень их знаний о питании был связан

с их пищевыми привычками [27]. У подростков, проживающих на Балеарских островах, наиболее низкое значение индекса KIDMED было выявлено у использующих гаджеты во время приемов пищи, у мальчиков, которые едят менее 3 раз в день, а также у девочек с низким уровнем физической активности [28]. В целом, индекс KIDMED является надежным инструментом для оценки качества рациона в эпидемиологических исследованиях в странах, где население придерживается средиземноморской диеты, и способен выявлять группы риска с нарушениями в структуре рациона, оценивать эффективность школьных программ по здоровому питанию, а также отслеживать динамику изменений в пищевых привычках на популяционном уровне [29–33]. Также разработан цифровой вариант индекса и с помощью компьютерной программы его рассчитывают автоматически [34].

В условиях ограниченных ресурсов, особенно в развивающихся странах, широко применяется индекс DDS (Dietary Diversity Score) [35, 36]. Этот инструмент, разработанный Всемирной организацией здравоохранения, фокусируется на подсчете количества потребляемых пищевых групп, что делает его простым в использовании. Индекс DDS оценивает разнообразие рациона по количеству потребляемых пищевых групп за сутки (обычно 9). Адекватным считается потребление не менее четырех групп продуктов. Индекс DDS является простым и информативным инструментом для оценки рациона в развивающихся странах для выявления дефицита питания. Однако индекс не оценивает качество продуктов внутри групп и не учитывает потребление продуктов – источников критически значимых нутриентов. В исследовании, направленном на изучение связи между разнообразием рациона питания (DDS) и антропометрическими показателями у иранских детей и подростков, подчеркивается важность увеличения разнообразия продуктов здорового питания для снижения нарушения веса у детей и подростков [37]. Индекс DDS также был использован индийскими специалистами для прогнозирования достаточности микроэлементов в рационе индийских детей и подростков 9–18 лет. Показатель разнообразия рациона был отмечен выше в городской местности в сравнении с сельской. Также была выявлена зависимость величины индекса DDS от образования матери [38]. Так, индекс DDS коррелирует с уровнем потребления микроэлементов, и показатель 6 или 7 баллов рекомендован в качестве порогового значения при выявлении детей и подростков на Филиппинах, у которых возможен дефицит микроэлементов в рационе [39]. Китайские исследования также показывают, что недостаточное разнообразие рациона и пищевых продуктов у детей напрямую связано с недостаточным потреблением микроэлементов [40].

Индекс MAD (Minimal Acceptable Diet – Минимально допустимый рацион) также представляет собой важный инструмент оценки качества питания детей раннего возраста (6–23 месяца), разработанный ВОЗ и ЮНИСЕФ. Этот показатель сочетает в себе два ключевых аспекта: минимальное разнообразие

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55>
Review Article

потребляемых пищевых продуктов (MDD) и минимальную частоту приемов пищи, что делает его комплексным индикатором адекватности питания в критический период развития ребенка. Методология расчета MAD различается для детей на грудном и искусственном вскармливании. MAD складывается из суммы количества детей, находящихся на грудном вскармливании и употребляющих минимум 2 или 3 (в зависимости от возраста) группы пищевых продуктов, и детей, находящихся на искусственном вскармливании, потребляющих не менее 4 групп пищевых продуктов (исключая молочные продукты) и не менее двух 2 молочных продуктов за сутки (смесь/молоко/йогурт). Далее эта сумма делится на общее количество детей от 6 до 23 месяцев. Всего оценивают потребление 7 групп пищевых продуктов: зерновые, корнеплоды и клубнеплоды; бобовые и орехи; молочные продукты; мясные продукты; яйца; фрукты и овощи, богатые витамином А; другие фрукты и овощи. К преимуществам индекса MAD можно отнести: учет типа вскармливания (грудное/искусственное); комплексную оценку (и разнообразие, и частота питания), а также его международную стандартизацию (ВОЗ/ЮНИСЕФ). Индекс MAD широко используется в национальных обследованиях питания, мониторинге программ по улучшению детского питания, эпидемиологических исследованиях в развивающихся странах и при оценке эффективности мер, направленных на улучшение состояния питания населения, и в частности детей. Глобальные данные показывают, что только около 50 % детей 6–23 месяцев получают минимально приемлемую диету, что подчеркивает важность этого индекса для выявления групп риска и разработки целевых вмешательств. Этот индекс занимает особое место среди других инструментов благодаря своей специфической направленности на младенцев и детей младшего возраста, а также благодаря международному признанию в качестве стандартного показателя для мониторинга целей устойчивого развития ООН в области питания [41–44]. В исследовании рациона питания детей в возрасте от 6 до 23 месяцев в Эфиопии индекс для детей в возрасте от 6 до 23 месяцев коррелировал с уровнем образования отца, профессией матери, историей послеродового наблюдения и возрастом матери и ребенка. Таким образом, просвещение родителей о необходимости соблюдения детьми рекомендуемого минимального допустимого рациона питания крайне важно для повышения индекса MAD, т.е. чтобы максимальное количество детей смогло получать разнообразное питание и несколько приемов пищи [45].

В Российской Федерации для комплексной оценки питания применяют два индекса: индекс здорового питания (ИЗП) на основе данных о фактическом питании населения, полученных методом 24-часового воспроизведения питания, включающий в себя количественные (весовые) характеристики рациона в расчете на 1000 ккал по основным группам пищевых продуктов и критически значимым компонентам [46, 47], и индекс качества питания (ИКП), разработанный на основе данных о частоте

потребления пищевых продуктов [48, 49]. ИКП был апробирован на микроданных мониторинга питания обучающихся общеобразовательных организаций, полученных в 2023 г. Роспотребнадзором в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» нацпроекта «Демография» [50]. Разработанный индекс позволяет провести комплексную оценку качества питания и разработать комплекс мероприятий по устранению нарушений в структуре рациона, определить совокупное влияние на рацион потребления пищевых продуктов, необходимых для здорового питания, и продуктов – источников критически значимых нутриентов.

Краткое описание всех вышеописанных индексов приведено в таблице.

Обсуждение. Выбор оптимального инструмента для оценки качества питания представляет собой сложную методологическую задачу, требующую комплексного подхода, основанного на анализе ключевых факторов, включающих цели исследования, характеристики целевой популяции, доступные ресурсы и необходимую точность оценки. Обоснованное применение того или иного индекса возможно лишь при условии тщательного сопоставления его возможностей с конкретными исследовательскими или клиническими задачами.

Прежде всего, выбор инструмента оценки должен определяться целями исследования. В случае скрининговых исследований, направленных на быстрое выявление групп риска, целесообразно использование простых и удобных в применении инструментов, позволяющих получить обобщенную оценку пищевого статуса без значительных временных затрат. Если же речь идет о клинической оценке, требующей детального анализа рациона, предпочтение следует отдавать более сложным индексам, способным выявлять дефицит или избыток отдельных нутриентов. Что касается научных исследований, то здесь на первый план выходят требования к достоверности и надежности методики, поскольку полученные данные должны быть сопоставимыми и воспроизводимыми в различных условиях.

Не менее важным аспектом является учет характеристик целевой популяции, поскольку возрастные, культурные и региональные особенности питания могут существенно влиять на точность оценки. Так, при работе с детьми и подростками необходимо применять специализированные индексы, адаптированные к их физиологическим потребностям и пищевым привычкам. В мультикультурных обществах или регионах с выраженными традициями питания (например, в странах Средиземноморья) инструменты должны быть модифицированы с учетом местных диетических паттернов, в противном случае их диагностическая ценность может оказаться ограниченной.

Практическая реализация оценки качества питания во многом зависит от доступных ресурсов, включая временные, финансовые и кадровые. В условиях ограниченного времени или недостаточной квалификации персонала оправдано применение кратких опросников, таких как Dietary Diversity

Таблица. Сводная таблица детских индексов качества питания

Table. Summary table of childhood diet quality indices

Индекс / Index	Целевая группа / Target group	Метод оценки / Evaluation method	Компоненты / Components	Шкала оценки / Scale	Преимущества / Advantages	Недостатки / Disadvantages
Healthy Eating Index (HEI)– Toddlers–2020 / Индекс здорового питания – Дети второго года жизни–2020	Дети 12– 24 месяцев / Toddlers aged 12–24 months	Соответствие национальным рекомендациям (Dietary Guidelines for Americans) / Compliance with national guidelines (Dietary Guidelines for Americans)	12 компонентов: 9 – адекватность (фрукты, овощи, злаки и др.), 3 – умеренность (сахар, жиры, натрий) / 12 components: 9 – adequacy (fruits, vegetables, cereals, etc.), 3 – moderation (sugar, fats, sodium)	0–100 баллов / points	Высокая стандар- тизация, связь с клиническими исходами / High standardization, link to clinical outcomes	Культурная специфичность, сложность расчета / Cultural specificity, calculation complexity
DQI-C (Diet Quality Index for Children) / Индекс качества питания для детей	Дети 2–12 лет / Children aged 2–12 years	Оценка разно- образия, баланса и умеренности / Assessment of diversity, balance and moderation	4 категории: разнообразие, адекватность, баланс, ограни- чение вредных продуктов / 4 categories: diversity, adequacy, balance, reduced consumption of unhealthy foods	0–100 %	Гибкость, адаптация под разные культуры / Flexibility, adaptation to different cultures	Субъективность, отсутствие единого стандарта / Subjectivity, no single standard
KIDMED	Дети 4–18 лет / Children aged 4–18 years	Приверженность средиземномор- ской диете / Adherence to the Mediterranean diet	16 вопросов (да/ нет) о потреблении оливкового масла, рыбы, овощей и др. / 16 yes/no questions about the consumption of olive oil, fish, vegetables, etc.	От –4 до 12 баллов / From –4 to 12 points	Простота, быстрота скрининга / Simplicity, rapidity of screening	Региональная ограниченность, не учитывает размеры порций / Regional limitations, no accounting for portion sizes
DDS (Dietary Diversity Score) / Индекс разно- образия рациона питания	Дети от 6 месяцев / Infants aged 6 months and over	Разнообразие потребляемых пищевых групп за 24 часа / Diversity of food groups consumed over the last 24 hours	Количество потребляемых групп продуктов (обычно 9) / Number of food groups consumed (usually 9)	0–9 баллов / points	Простота, полезен в ресурсозатратных условиях / Simplicity, usefulness in resource-intensive conditions	Не оценивает качество продуктов, нет учета вредной пищи / No food quality evaluation, no accounting for junk food
DQI (Diet Quality Index) / ИКП (индекс каче- ства питания)	Дети школьного возраста (6–18 лет) / Schoolchildren aged 6–18 years	Частота потребления пищевых продуктов / Frequency of food intake	10 групп продуктов, важных для построения здорового рациона; 10 групп продуктов – источников критически значимых нутриентов / 10 food groups essential for a healthy diet; 10 groups of products that are sources of essential nutrients	100 баллов (сумма баллов за оценку по категориям частоты от 0 до 5 за каждую группу продуктов) / 100 points (the sum of points for evaluation by frequency categories from 0 to 5 for each group of products).	Простота, быстрота скрининга, гибкость, адаптация к различным эпи- демиологическим исследованиям / Simplicity, rapidity of screening, flexibility, adaptation to various epidemiological studies	Не оценивает качество и коли- чество, продуктов, отсутствие стан- дартизированного опросника / No food quality or quantity evaluation, no standard questionnaire
MAD (Minimal Acceptable Diet) / Минимально при- емлемое питание	Дети 6– 23 месяцев / Children aged 6–23 months	Комбинация MDD + частота приемов пищи / Combination of minimum dietary diversity (MDD) + meal frequency	7 групп продуктов + частота кормлений / 7 food groups + meal frequency	Бинарный (да/нет) / Binary (yes/no)	Учет грудного вскармливания / Accounting for breastfeeding	Упрощенный подход / Simplified approach

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55>
Review Article

Score (DDS), тогда как в хорошо финансируемых исследованиях возможно использование комплексных методик, сочетающих анкетирование с биохимическими маркерами. Кроме того, некоторые индексы, например Healthy Eating Index (HEI), требуют специальной подготовки специалистов для корректной интерпретации данных, что также необходимо учитывать при планировании работы.

Наконец, выбор инструмента должен определяться требуемым уровнем точности и глубины оценки. Если задача сводится к общей характеристике пищевого поведения, достаточно простых скрининговых методов. Однако для детального анализа нутритивного статуса, необходимого в клинической или научной практике, требуются многокомпонентные индексы, учитывающие как макро-, так и микронутриентный состав рациона.

В зависимости от контекста применения могут быть рекомендованы различные индексы. В национальных исследованиях, проводимых в странах с развитыми системами рекомендаций по питанию (например, США, Канада, страны ЕС), наиболее оправданно использование HEI-toddler или Diet Quality Index-International (DQI-C), поскольку эти инструменты обеспечивают высокую степень стандартизации и сопоставимости данных. В клинической практике средиземноморских регионов хорошо зарекомендовал себя KIDMED (Mediterranean Diet Quality Index for children), учитывающий особенности местного питания. В условиях ограниченных ресурсов, характерных для развивающихся стран или полевых исследований, оптимальным решением может стать применение DDS в сочетании с антропометрическими измерениями, что позволяет минимизировать затраты без существенной потери информативности. Для специфических групп населения, таких как дети, подростки или пожилые люди, следует использовать специализированные инструменты, адаптированные к их возрастным и физиологическим особенностям.

Перспективы развития методологии оценки качества питания связаны с несколькими ключевыми направлениями. Во-первых, это дальнейшая адаптация существующих индексов к локальным условиям, поскольку универсальные инструменты далеко не всегда учитывают региональные пищевые традиции. Во-вторых, важным шагом представляется интеграция опросников с объективными методами оценки, такими как биохимические маркеры, что позволит повысить точность и достоверность данных. В-третьих, развитие цифровых технологий, включая мобильные приложения и автоматизированные системы сбора данных, способно значительно упростить процесс мониторинга питания, сделав его более доступным для широкого круга пользователей. Наконец, особого внимания заслуживает разработка специализированных индексов для развивающихся стран, где традиционные пищевые привычки сталкиваются с влиянием глобализации, приводящим к росту распространенности ожирения и дефицита микронутриентов.

Таким образом, выбор индекса качества питания должен осуществляться на основе строгого

методологического обоснования, учитывающего как специфику исследования, так и особенности целевой популяции. Дальнейшее совершенствование инструментов оценки будет способствовать повышению их точности, доступности и адаптивности, что в конечном итоге позволит оптимизировать стратегии профилактики и коррекции алиментарно-зависимых заболеваний в различных популяциях.

Заключение. Проведенный анализ основных индексов качества питания детей позволяет сделать вывод, что HEI и HEI-toddler являются наиболее строгими и научно обоснованными инструментами, соответствующими национальным рекомендациям, что делает их ценными для мониторинга и сравнительных исследований, но их применение требует значительных ресурсов. Индексы DQI-C и аналогичные обеспечивают гибкость и комплексность оценки пищевого поведения, полезны для лонгитюдных исследований, однако отсутствие единого стандарта затрудняет сравнение данных в различных исследованиях. Инструменты KIDMED и DDS просты в использовании и подходят для клинической практики и эпидемиологии, но не дают детальной картины питания. Оптимально сочетать разные методы в зависимости от целей, задач и ресурсов исследования, а также адаптировать инструменты под возрастные и культурные особенности для эффективного улучшения детского питания и снижения рисков развития алиментарнозависимых заболеваний. Только такой комплексный подход обеспечит достоверные данные, необходимые для разработки целенаправленных и эффективных программ питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамова М.Ю., Тутельян В.А., Шамкова Н.Т. Организация питания детей раннего и дошкольного возраста в дошкольной образовательной организации: монография. Москва : ДеЛи плюс, 2019. 152 с.
2. Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы: монография: в 5 т. / под ред. Н.Ф. Герасименко, П.В. Глыбочко, И.Э. Есауленко, В.И. Попова, В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва : Научная книга, 2019. Т. 3: Основные факторы риска, определяющие здоровье молодежи. Вопросы нарушения питания. 2019. 340 с. (Тутельян В.А., Герасименко Н.Ф., Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Оптимальное питание – основа здорового образа жизни. С. 228-249).
3. Погожева А.В. Стратегия здорового питания от юности к зрелости. М.: СвР-АРГУС, 2011. 336 с.
4. Guenther PM, Reedy J, Krebs-Smith SM. Development of the Healthy Eating Index–2005. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(11):1896-1901. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.016
5. Panagiotakos DB, Pitsavos C, Stefanadis C. Dietary patterns: A Mediterranean diet score and its relation to clinical and biological markers of cardiovascular disease risk. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2006;16(8):559-568. doi: 10.1016/j.numecd.2005.08.006
6. Dorrington N, Fallaize R, Hobbs D, Weech M, Lovegrove JA. Diet Quality Index for older adults (DQI-65): Development and use in predicting adherence to dietary recommendations and health markers in the UK National Diet and Nutrition Survey. *Br J Nutr.* 2022;128(11):2193-2207. doi: 10.1017/S0007114521005043
7. Pannucci TE, Lerman JL, Herrick KA, et al. Development of the Healthy Eating Index–Toddlers–2020.

- J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1289-1297. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.013
8. Zhang L, Chen Z, Xiao Z, *et al.* Association between Healthy Eating Index–2020 and anxiety: Insights from NHANES highlighting fruit and vegetable intake. *J Affect Disord.* 2025;385:119421. doi: 10.1016/j.jad.2025.119421
 9. Herrick KA, Lerman JL, Pannucci TE, *et al.* Continuity, considerations, and future directions for the Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1298-1306. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.012
 10. Lerman JL, Herrick KA, Pannucci TE, *et al.* Evaluation of the Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1307-1319. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.014
 11. Kay MC, Hampton J, Pac S, Huss L, Eldridge AL. Measuring dietary quality among toddlers in the Feeding Infants and Toddlers Study, 2016, using the new Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2025;125(4):463-471. doi: 10.1016/j.jand.2024.08.009
 12. Kay MC, Duffy EW, Harnack LJ, *et al.* Development and application of a Total Diet Quality Index for toddlers. *Nutrients.* 2021;13(6):1943. doi: 10.3390/nu13061943
 13. Huybrechts I, Vereecken C, De Bacquer D, *et al.* Reproducibility and validity of a diet quality index for children assessed using a FFQ. *Br J Nutr.* 2010;104(1):135-144. doi: 10.1017/S0007114510000231
 14. Manios Y, Kourlaba G, Grammatikaki E, Androutsos O, Moschonis G, Roma-Giannikou E. Development of a diet–lifestyle quality index for young children and its relation to obesity: The Preschoolers Diet–Lifestyle Index. *Public Health Nutr.* 2010;13(12):2000-2009. doi: 10.1017/S1368980010000698
 15. Jarman M, Vashi N, Angus A, Bell RC, Giesbrecht GF, APrON study team. Development of a diet quality index to assess adherence to Canadian dietary recommendations in 3-year-old children. *Public Health Nutr.* 2020;23(3):385-393. doi: 10.1017/S1368980019002039
 16. Burrows TL, Collins K, Watson J, *et al.* Validity of the Australian Recommended Food Score as a diet quality index for pre-schoolers. *Nutr J.* 2014;13:87. doi: 10.1186/1475-2891-13-87
 17. Marshall S, Watson J, Burrows T, Guest M, Collins CE. The development and evaluation of the Australian child and adolescent recommended food score: A cross-sectional study. *Nutr J.* 2012;11:96. doi: 10.1186/1475-2891-11-96
 18. Duncanson K, Lee YQ, Burrows T, Collins C. Utility of a brief index to measure diet quality of Australian preschoolers in the Feeding Healthy Food to Kids Randomised Controlled Trial. *Nutr Diet.* 2017;74(2):158-166. doi: 10.1111/1747-0080.12295
 19. Štefan L, Prosoli R, Juranko D, *et al.* The reliability of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) questionnaire. *Nutrients.* 2017;9(4):419. doi: 10.3390/nu9040419
 20. Roccaldo R, Censi L, D’Addezio L, *et al.*; ZOOM8 Study group. Adherence to the Mediterranean diet in Italian school children (The ZOOM8 Study). *Int J Food Sci Nutr.* 2014;65(5):621-628. doi: 10.3109/09637486.2013.873887
 21. Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, *et al.* Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2004;7(7):931-935. doi: 10.1079/phn2004556
 22. Bibiloni Mdel M, Pons A, Tur JA. Compliance with the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) among Balearic Islands’ adolescents and its association with socioeconomic, anthropometric and lifestyle factors. *Ann Nutr Metab.* 2016;68(1):42-50. doi: 10.1159/000442302
 23. Altavilla C, Caballero-Pérez P. An update of the KIDMED questionnaire, a Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2019;22(14):2543-2547. doi: 10.1017/S1368980019001058
 24. Onieva-Zafra MD, Fernández-Martínez E, Abreu-Sánchez A, *et al.* Relationship between diet, menstrual pain and other menstrual characteristics among Spanish students. *Nutrients.* 2020;12(6):1759. doi: 10.3390/nu12061759
 25. Shaw S, Crozier S, Strömmer S, Inskip H, Barker M, Vogel C; EACH-B Study Team. Development of a short food frequency questionnaire to assess diet quality in UK adolescents using the National Diet and Nutrition Survey. *Nutr J.* 2021;20(1):5. doi: 10.1186/s12937-020-00658-1
 26. Habte TY, Krawinkel M. Dietary diversity score: A measure of nutritional adequacy or an indicator of healthy diet? *J Nutr Health Sci.* 2016;3(3):303. doi: 10.15744/2393-9060.3.303
 27. Sahingoz SA, Sanlier N. Compliance with Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) and nutrition knowledge levels in adolescents. A case study from Turkey. *Appetite.* 2011;57(1):272-277. doi: 10.1016/j.appet.2011.05.307
 28. Bober J, Gaszyńska E. Validation of KIDMED 2.0 PL–Mediterranean Diet Quality Index for Polish children and adolescents. *Nutrients.* 2025;17(16):2636. doi: 10.3390/nu17162636
 29. Rei M, Severo M, Rodrigues S. Reproducibility and validity of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED Index) in a sample of Portuguese adolescents. *Br J Nutr.* 2021;126(11):1737-1748. doi: 10.1017/S0007114521000532
 30. Carrillo HA, Ramírez-Vélez R. Adherencia a la dieta mediterránea en una población escolar colombiana: evaluación de las propiedades psicométricas del cuestionario KIDMED [Adherence to the Mediterranean diet in a sample of Colombian schoolchildren: An evaluation of the psychometric properties of the KIDMED questionnaire]. *Nutr Hosp.* 2020;37(1):73-79. (In Spanish.) doi: 10.20960/nh.02760
 31. Massini G, Capra N, Buganza R, Vitello M, de Sanctis L, Guardamagna O. Impact of Mediterranean diet adherence on lipid profiles in pediatric primary dyslipidemia: Insights from the updated KIDMED score. *Nutrients.* 2025;17(4):623. doi: 10.3390/nu17040623
 32. Porri D, Wasniewska M, Luppino G, *et al.* The rising burden of childhood obesity: Prevention should start in primary school. *Nutrients.* 2025;17(4):650. doi: 10.3390/nu17040650
 33. Mariscal-Arcas M, Rivas A, Velasco J, Ortega M, Caballero AM, Olea-Serrano F. Evaluation of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutr.* 2009;12(9):1408-1412. doi: 10.1017/S1368980008004126
 34. Giannakopoulou SP, Panagiotakos DB. KIDMED Score Calculator: A computer program that evaluates adherence to the Mediterranean Diet for children and youth. *Hellenic J Nutr Diet.* 2023;14(1):27-32.
 35. Heidari-Beni M, Riahi R, Massoudi S, Qorbani M, Kelishadi R. Association between dietary diversity score and anthropometric indices among children and adolescents: The weight disorders survey in the CASPIAN-IV study. *J Sci Food Agric.* 2021;101(12):5075-5081. doi: 10.1002/jsfa.11152
 36. Vispute S, Mandlik R, Sanwalka N, Gondhalekar K, Khadilkar A. Dietary diversity and food variety scores and their association with nutrition and health status of Indian children and adolescents: A multicenter study. *Nutrition.* 2023;111:112039. doi: 10.1016/j.nut.2023.112039
 37. Afsharinia B, Gurtoo A, Mannan H. Ecosystems determinants of nutritional adequacy among the Indian preschool children. *J Indian Inst Sci.* 2022;102(2):811-829. doi: 10.1007/s41745-022-00339-4

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55>
Review Article

38. Torrico JC. Dietary diversity score as an indicator of micronutrient intake in Filipino children and adolescents. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2021;30(4):696-703. doi: 10.6133/apjcn.202112_30(4).0016
39. Meng L, Wang Y, Li T, Loo-Bouwman CAV, Zhang Y, Man-Yau Szeto I. Dietary diversity and food variety in Chinese children aged 3–17 years: Are they negatively associated with dietary micronutrient inadequacy? *Nutrients.* 2018;10(11):1674. doi: 10.3390/nu10111674
40. Diop L, Becquey E, Turowska Z, Huybregts L, Ruel MT, Gelli A. Standard minimum dietary diversity indicators for women or infants and young children are good predictors of adequate micronutrient intakes in 24–59-month-old children and their nonpregnant nonbreastfeeding mothers in rural Burkina Faso. *J Nutr.* 2021;151(2):412-422. doi: 10.1093/jn/nxaa360
41. Birhanu H, Gonete KA, Hunegnaw MT, Aragaw FM. Minimum acceptable diet and associated factors among children aged 6–23 months during fasting days of orthodox Christian mothers in Gondar city, North West Ethiopia. *BMC Nutr.* 2022;8(1):76. doi: 10.1186/s40795-022-00558-z
42. Markos M, Samuel B, Challa A. Minimum acceptable diet and associated factors among 6–23 months old children enrolled in outpatient therapeutic program in the Tulla district, Sidama region, Ethiopia: A community-based cross-sectional study. *J Health Popul Nutr.* 2024;43(1):106. doi: 10.1186/s41043-024-00581-9
43. Dejene Y, Mezgebu GS, Tadesse SE. Minimum acceptable diet and its associated factors among children aged 6–23 months in Lalibela, northeast Ethiopia: A community-based cross-sectional study. *J Nutr Sci.* 2023;12:e41. doi: 10.1017/jns.2023.24
44. Abebe H, Gashu M, Kebede A, et al. Minimum acceptable diet and associated factors among children aged 6–23 months in Ethiopia. *Ital J Pediatr.* 2021;47(1):215. doi: 10.1186/s13052-021-01169-3
45. Birie B, Kassa A, Kebede E, Terefe B. Minimum acceptable diet practice and its associated factors among children aged 6–23 months in rural communities of Goncha district, north West Ethiopia. *BMC Nutr.* 2021;7(1):40. doi: 10.1186/s40795-021-00444-0
46. Мартинчик А.Н., Михайлов Н.А., Кешабянц Э.Э., Кудрявцева К.В. Оценка информативности и достоверности индекса здорового питания для характеристики структуры питания и пищевого поведения // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 5. С. 77–86. doi: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-77-86>
47. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Михайлов Н.А., Кешабянц Э.Э., Камбаров А.О. Разработка и оценка достоверности базового индекса здорового питания населения России // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 6. С. 34–44. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10062
48. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Кудрявцева К.В. Эпидемиология питания: Россия 2018–2023 / под ред. В.А. Тутельяна и Д.Б. Никитюка. М.: ТД ДеЛи, 2024. 270 с. Глава 7. Индексы здорового питания как инструмент интегральной оценки качества рациона питания населения С. 113–151.
49. Кудрявцева К.В. Комплексная оценка рациона питания населения с использованием данных о частоте потребления пищевых продуктов // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 55 (549). С. 61–62. doi: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-053
50. Кудрявцева К.В., Батулин А.К., Мартинчик А.Н., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Смирнова Е.А., Новикова И.И., Романенко С.П. Комплексная оценка рационов питания детей школьного возраста // Анализ риска здоровью. 2025. № 1. С. 24–34. doi: 10.21668/health.risk/2025.1.03

REFERENCES

1. Tamova MYu, Tutelyan VA, Shamkova NT. [Feeding of Children of Early and Preschool Age at Preschools: A Monograph.] Moscow: DeLi Plus Publ.; 2019. (In Russ.)
2. Tutelyan VA, Gerasimenko NF, Nikityuk DB, Pogozheva AV. [Optimal nutrition as the basis of a healthy lifestyle.] In: Gerasimenko NF, Glybochko PV, Esaulenko IE, Popov VI, Starodubov VI, Tutelyan VA, eds. [Youth Health: New Challenges and Prospects. Vol. 3: Health Risk Mitigation Technologies. Prevention and Screening. Healthy Eating.] Voronezh: Nauchnaya Kniga Publ.; 2019;3:228-249. (In Russ.)
3. Pogozheva AV. [Strategy of Healthy Eating from Youth to Maturity.] Moscow: SvR-ARGUS Publ.; 2011. (In Russ.)
4. Guenther PM, Reedy J, Krebs-Smith SM. Development of the Healthy Eating Index–2005. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(11):1896-1901. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.016
5. Panagiotakos DB, Pitsavos C, Stefanadis C. Dietary patterns: A Mediterranean diet score and its relation to clinical and biological markers of cardiovascular disease risk. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2006;16(8):559-568. doi: 10.1016/j.numecd.2005.08.006
6. Dorrington N, Fallaize R, Hobbs D, Weech M, Lovegrove JA. Diet Quality Index for older adults (DQI-65): Development and use in predicting adherence to dietary recommendations and health markers in the UK National Diet and Nutrition Survey. *Br J Nutr.* 2022;128(11):2193-2207. doi: 10.1017/S0007114521005043
7. Pannucci TE, Lerman JL, Herrick KA, et al. Development of the Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1289-1297. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.013
8. Zhang L, Chen Z, Xiao Z, et al. Association between Healthy Eating Index–2020 and anxiety: Insights from NHANES highlighting fruit and vegetable intake. *J Affect Disord.* 2025;385:119421. doi: 10.1016/j.jad.2025.119421
9. Herrick KA, Lerman JL, Pannucci TE, et al. Continuity, considerations, and future directions for the Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1298-1306. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.012
10. Lerman JL, Herrick KA, Pannucci TE, et al. Evaluation of the Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2023;123(9):1307-1319. doi: 10.1016/j.jand.2023.05.014
11. Kay MC, Hampton J, Pac S, Huss L, Eldridge AL. Measuring dietary quality among toddlers in the Feeding Infants and Toddlers Study, 2016, using the new Healthy Eating Index–Toddlers–2020. *J Acad Nutr Diet.* 2025;125(4):463-471. doi: 10.1016/j.jand.2024.08.009
12. Kay MC, Duffy EW, Harnack LJ, et al. Development and application of a Total Diet Quality Index for toddlers. *Nutrients.* 2021;13(6):1943. doi: 10.3390/nu13061943
13. Huybrechts I, Vereecken C, De Bacquer D, et al. Reproducibility and validity of a diet quality index for children assessed using a FFQ. *Br J Nutr.* 2010;104(1):135-144. doi: 10.1017/S0007114510000231
14. Manios Y, Kourlaba G, Grammatikaki E, Androutsos O, Moschonis G, Roma-Giannikou E. Development of a diet–lifestyle quality index for young children and its relation to obesity: The Preschoolers Diet–Lifestyle Index. *Public Health Nutr.* 2010;13(12):2000-2009. doi: 10.1017/S1368980010000698
15. Jarman M, Vashi N, Angus A, Bell RC, Giesbrecht GF; APrON study team. Development of a diet quality index to assess adherence to Canadian dietary recommendations

- in 3-year-old children. *Public Health Nutr.* 2020;23(3):385-393. doi: 10.1017/S1368980019002039
16. Burrows TL, Collins K, Watson J, et al. Validity of the Australian Recommended Food Score as a diet quality index for pre-schoolers. *Nutr J.* 2014;13:87. doi: 10.1186/1475-2891-13-87
 17. Marshall S, Watson J, Burrows T, Guest M, Collins CE. The development and evaluation of the Australian child and adolescent recommended food score: A cross-sectional study. *Nutr J.* 2012;11:96. doi: 10.1186/1475-2891-11-96
 18. Duncanson K, Lee YQ, Burrows T, Collins C. Utility of a brief index to measure diet quality of Australian preschoolers in the Feeding Healthy Food to Kids Randomised Controlled Trial. *Nutr Diet.* 2017;74(2):158-166. doi: 10.1111/1747-0080.12295
 19. Štefan L, Prosoli R, Juranko D, et al. The reliability of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) questionnaire. *Nutrients.* 2017;9(4):419. doi: 10.3390/nu9040419
 20. Roccaldo R, Censi L, D'Addezio L, et al; ZOOM8 Study group. Adherence to the Mediterranean diet in Italian school children (The ZOOM8 Study). *Int J Food Sci Nutr.* 2014;65(5):621-628. doi: 10.3109/09637486.2013.873887
 21. Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, et al. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2004;7(7):931-935. doi: 10.1079/phn2004556
 22. Bibiloni Mdel M, Pons A, Tur JA. Compliance with the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) among Balearic Islands' adolescents and its association with socioeconomic, anthropometric and lifestyle factors. *Ann Nutr Metab.* 2016;68(1):42-50. doi: 10.1159/000442302
 23. Altavilla C, Caballero-Pérez P. An update of the KIDMED questionnaire, a Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2019;22(14):2543-2547. doi: 10.1017/S1368980019001058
 24. Onieva-Zafra MD, Fernández-Martínez E, Abreu-Sánchez A, et al. Relationship between diet, menstrual pain and other menstrual characteristics among Spanish students. *Nutrients.* 2020;12(6):1759. doi: 10.3390/nu12061759
 25. Shaw S, Crozier S, Strömmer S, Inskip H, Barker M, Vogel C; EACH-B Study Team. Development of a short food frequency questionnaire to assess diet quality in UK adolescents using the National Diet and Nutrition Survey. *Nutr J.* 2021;20(1):5. doi: 10.1186/s12937-020-00658-1
 26. Habte TY, Krawinkel M. Dietary diversity score: A measure of nutritional adequacy or an indicator of healthy diet? *J Nutr Health Sci.* 2016;3(3):303. doi: 10.15744/2393-9060.3.303
 27. Sahingoz SA, Sanlier N. Compliance with Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) and nutrition knowledge levels in adolescents. A case study from Turkey. *Appetite.* 2011;57(1):272-277. doi: 10.1016/j.appet.2011.05.307
 28. Bober J, Gaszyńska E. Validation of KIDMED 2.0 PL-Mediterranean Diet Quality Index for Polish children and adolescents. *Nutrients.* 2025;17(16):2636. doi: 10.3390/nu17162636
 29. Rei M, Severo M, Rodrigues S. Reproducibility and validity of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED Index) in a sample of Portuguese adolescents. *Br J Nutr.* 2021;126(11):1737-1748. doi: 10.1017/S0007114521000532
 30. Carrillo HA, Ramírez-Vélez R. Adherencia a la dieta mediterránea en una población escolar colombiana: evaluación de las propiedades psicométricas del cuestionario KIDMED [Adherence to the Mediterranean diet in a sample of Colombian schoolchildren: An evaluation of the psychometric properties of the KIDMED questionnaire]. *Nutr Hosp.* 2020;37(1):73-79. (In Spanish.) doi: 10.20960/nh.02760
 31. Massini G, Capra N, Buganza R, Vitello M, de Sanctis L, Guardamagna O. Impact of Mediterranean diet adherence on lipid profiles in pediatric primary dyslipidemia: Insights from the updated KIDMED score. *Nutrients.* 2025;17(4):623. doi: 10.3390/nu17040623
 32. Porri D, Wasniewska M, Luppino G, et al. The rising burden of childhood obesity: Prevention should start in primary school. *Nutrients.* 2025;17(4):650. doi: 10.3390/nu17040650
 33. Mariscal-Arcas M, Rivas A, Velasco J, Ortega M, Caballero AM, Olea-Serrano F. Evaluation of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutr.* 2009;12(9):1408-1412. doi: 10.1017/S1368980008004126
 34. Giannakopoulou SP, Panagiotakos DB. KIDMED Score Calculator: A computer program that evaluates adherence to the Mediterranean Diet for children and youth. *Hellenic J Nutr Diet.* 2023;14(1):27-32.
 35. Heidari-Beni M, Riahi R, Massoudi S, Qorbani M, Kelishadi R. Association between dietary diversity score and anthropometric indices among children and adolescents: The weight disorders survey in the CASPIAN-IV study. *J Sci Food Agric.* 2021;101(12):5075-5081. doi: 10.1002/jsfa.11152
 36. Vispute S, Mandlik R, Sanwalka N, Gondhalekar K, Khadilkar A. Dietary diversity and food variety scores and their association with nutrition and health status of Indian children and adolescents: A multicenter study. *Nutrition.* 2023;111:112039. doi: 10.1016/j.nut.2023.112039
 37. Afsharinia B, Gurtoo A, Mannan H. Ecosystems determinants of nutritional adequacy among the Indian preschool children. *J Indian Inst Sci.* 2022;102(2):811-829. doi: 10.1007/s41745-022-00339-4
 38. Torrico JC. Dietary diversity score as an indicator of micronutrient intake in Filipino children and adolescents. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2021;30(4):696-703. doi: 10.6133/apjcn.202112_30(4).0016
 39. Meng L, Wang Y, Li T, Loo-Bouwman CAV, Zhang Y, Man-Yau Szeto I. Dietary diversity and food variety in Chinese children aged 3–17 years: Are they negatively associated with dietary micronutrient inadequacy? *Nutrients.* 2018;10(11):1674. doi: 10.3390/nu10111674
 40. Diop L, Becquey E, Turowska Z, Huybregts L, Ruel MT, Gelli A. Standard minimum dietary diversity indicators for women or infants and young children are good predictors of adequate micronutrient intakes in 24–59-month-old children and their nonpregnant nonbreastfeeding mothers in rural Burkina Faso. *J Nutr.* 2021;151(2):412-422. doi: 10.1093/jn/nxaa360
 41. Birhanu H, Gonete KA, Hunegnaw MT, Aragaw FM. Minimum acceptable diet and associated factors among children aged 6–23 months during fasting days of orthodox Christian mothers in Gondar city, North West Ethiopia. *BMC Nutr.* 2022;8(1):76. doi: 10.1186/s40795-022-00558-z
 42. Markos M, Samuel B, Challa A. Minimum acceptable diet and associated factors among 6–23 months old children enrolled in outpatient therapeutic program in the Tulla district, Sidama region, Ethiopia: A community-based cross-sectional study. *J Health Popul Nutr.* 2024;43(1):106. doi: 10.1186/s41043-024-00581-9
 43. Dejene Y, Mezgebu GS, Tadesse SE. Minimum acceptable diet and its associated factors among children aged 6–23 months in Lalibela, northeast Ethiopia: A community-based cross-sectional study. *J Nutr Sci.* 2023;12:e41. doi: 10.1017/jns.2023.24
 44. Abebe H, Gashu M, Kebede A, et al. Minimum acceptable diet and associated factors among children aged

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-45-55>

Review Article

- 6–23 months in Ethiopia. *Ital J Pediatr.* 2021;47(1):215. doi: 10.1186/s13052-021-01169-3
45. Birie B, Kassa A, Kebede E, Terefe B. Minimum acceptable diet practice and its associated factors among children aged 6–23 months in rural communities of Goncha district, north West Ethiopia. *BMC Nutr.* 2021;7(1):40. doi: 10.1186/s40795-021-00444-0
46. Martinchik AN, Mikhailov NA, Keshabyants EE, Kudryavtseva KV. The study of the informativeness and reliability of the healthy eating index for assessing of dietary peculiarity and eating behavior of Russian population. *Voprosy Pitaniya.* 2021;90(5):77–86. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-5-77-86
47. Martinchik AN, Baturin AK, Mikhaylov NA, Keshabyants EE, Kambarov AO. Development and assessment of the reliability of the basic healthy eating index for the Russian population. *Voprosy Pitaniya.* 2019;88(6):34–44. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-201910062
48. Martinchik AN, Baturin AK, Kudryavtseva KV. [Chapter 7. Healthy eating indices as a tool for integral assessment of diet quality of the population.] In: Tutelyan VA, Nikityuk DB, eds. *Nutritional Epidemiology: Russia 2018–2023.* Moscow: DeLi Publ.; 2024:113–151. (In Russ.)
49. Kudryavtseva KV. [Comprehensive assessment of nutrition of the population using food intake frequency data.] *Voprosy Pitaniya.* 2023;92(S5):61–62. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2023-92-5s-053
50. Kudryavtseva KV, Baturin AK, Martinchik AN, et al. Comprehensive assessment of schoolchildren's diets. *Health Risk Analysis.* 2025;(1):24–34. doi: 10.21668/health.risk/2025.1.03.eng

Сведения об авторах:

✉ **Кудрявцева** Ксения Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: kudryavceva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4066-3410>.

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

Батурин Александр Константинович – д.м.н., профессор, руководитель направления «Оптимальное питание»; e-mail: baturin@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7007-621X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Батурин А.К.*, сбор данных: *Смирнова Е.А.*; обработка материала и анализ полученных данных: *Кудрявцева К.В.*, *Смирнова Е.А.*, обзор литературы, подготовка рукописи: *Кудрявцева К.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств по теме: FGMF-2025 0010.

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

Статья получена: 13.05.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликовано: 31.10.25

Author information:

✉ Ksenya V. **Kudryavtseva**, Junior Researcher, Laboratory of Demography and Nutritional Epidemiology; e-mail: kudryavceva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4066-3410>.

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

Alexandr K. **Baturin**, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Optimal Nutrition Direction; e-mail: baturin@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7007-621X>.

Author contributions: study conception and design: *Baturin A.K.*; data collection: *Smirnova E.A.*; analysis and interpretation of results: *Kudryavtseva K.V.*, *Smirnova E.A.*; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Kudryavtseva K.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The article was prepared at the expense of funds allocated on the topic FGMF-2025 0010.

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

Received: May 13, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Разработка и обоснование методологии пробиотической очистки внутренней среды закрытых помещений в автоматизированном режиме

М.А. Позднякова, Е.С. Жукова, В.В. Шалаганова, Л.В. Полякова

ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 20, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

Резюме

Введение. Очистка внутренней среды закрытых помещений пробиотическими средствами – развивающаяся экологичная дезинфектологическая технология, направленная на улучшение эпидемиологического и санитарно-гигиенического состояния за счет вытеснения пробиотическими культурами патогенной микрофлоры с объектов окружающей среды.

Цель исследования: разработать и обосновать методологию автоматизированной пробиотической очистки внутренней среды закрытого помещения на основе *Bacillus* spp., рассчитанную для современного сетевого программно-аппаратного комплекса на базе системы «интернет вещей», и апробировать ее при моделировании условий реального применения с использованием лабораторных животных.

Материалы и методы. На основе анализа 32 литературных источников рассчитали режим для автоматизированной пробиотической очистки. Тестирование нового способа проводили в экспериментальном закрытом помещении объемом 40 м³. Распыление раствора коммерческого пробиотика на основе *Bacillus* spp. осуществлялось с помощью адиабатического увлажнителя воздуха, подключенного к модулю управления сетевого программно-аппаратного комплекса на базе системы «интернет вещей». Антимикробная эффективность очистки оценивалась стандартными микробиологическими методами. Проверка воздействия на организм осуществлялась по интегральным показателям функционального состояния организма и изменениям в микрофлоре толстого кишечника лабораторных крыс.

Результаты. Разработана и обоснована методология автоматизированной пробиотической очистки внутренней среды закрытого помещения на основе *Bacillus* spp.: для помещения объемом 40 м³ рекомендуемый режим распыления пробиотика с концентрацией микроорганизмов $(2,8 \pm 0,4) \times 10^3$ КОЕ/мл составляет ежедневно по 273 мл в течение 28 суток. Апробация данного режима показала антимикробное действие в отношении *Enterococcus* spp. и *Staphylococcus* spp. при отсутствии избыточного роста *Bacillus* spp. на поверхностях. Не выявлено негативного влияния на общее состояние лабораторных животных. Показано антикlostридиальное действие на микрофлору толстого кишечника крыс.

Заключение. Разработанная и обоснованная новая методология автоматизированной пробиотической очистки внутренней среды закрытого помещения была апробирована при моделировании условий реального применения. Получены базисные данные ее воздействия на санитарно-показательные микроорганизмы внутренней среды закрытого помещения и на отдельные параметры состояния организма лабораторных животных.

Ключевые слова: внутренняя среда закрытых помещений, автоматизированная пробиотическая очистка, технология «интернет вещей», микробная контаминация, лабораторные животные.

Для цитирования: Позднякова М.А., Жукова Е.С., Шалаганова В.В., Полякова Л.В. Разработка и обоснование методологии пробиотической очистки внутренней среды закрытых помещений в автоматизированном режиме // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 56–65. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65

Development and Substantiation of the Methodology for Automated Probiotic-Based Cleaning of Indoor Environments

Marina A. Pozdnyakova, Evgeniya S. Zhukova, Veronika V. Shalaganova, Lyubov V. Polyakova

Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases,
20 Semashko Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

Summary

Introduction: Cleaning of the indoor environment with probiotic agents is an evolving environmentally friendly disinfection technology aimed at improving epidemiological and hygienic conditions by displacing pathogenic microflora from environmental objects with probiotic cultures.

Objective: To develop and validate the methodology for an automated probiotic cleaning of indoor environment using *Bacillus* spp. designed for a modern network software and hardware complex based on the Internet of Things system and to test it under simulating real-life application conditions on laboratory animals.

Materials and Methods: Having reviewed 32 literature sources, we estimated the regimen for automated probiotic-based purification and tested the new technique in a 40 m³ closed experimental chamber. The solution of a commercial probiotic of *Bacillus* spp. was sprayed using an adiabatic humidifier connected to the control module of the Internet of Things system. We established the antimicrobial efficacy of cleaning using standard microbiological testing methods and evaluated health effects using integral indicators of the functional state and changes in gut microbiota in laboratory rats.

Results: We developed and substantiated the methodology for automated probiotic cleaning of indoor environment using *Bacillus* spp. To clean a 40 m³ room, 273 mL of the *Bacillus*-based probiotic cleanser containing $(2.8 \pm 0.4) \times 10^3$ CFU/mL of microorganisms should be sprayed hourly for 28 days. Testing of this automated mode proved the reduction in the surface bioburden of *Enterococcus* spp. and *Staphylococcus* spp. with no excessive growth of *Bacillus* spp. No adverse health effects were observed in laboratory animals. The probiotic demonstrated anticlostridial activity in the large intestine of rats.

Conclusions: The developed and validated new methodology of automated probiotic-based cleaning of the indoor environment has undergone real-life scenario testing. Basic data on its impact on indoor pathogens and some physiological parameters of laboratory animals were collected.

Keywords: indoor environment, automatic probiotic-based cleaning, Internet of Things, microbial contamination, laboratory animals.

Cite as: Pozdnyakova MA, Zhukova ES, Shalaganova VV, Polyakova LV. Development and substantiation of the methodology for automated probiotic-based cleaning of indoor environments. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):56–65. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65>
Original Research Article

Введение. Создание комфортной и безопасной среды для жизни человека является одной из национальных целей развития России и приоритетов государственной политики, определенных руководством нашей страны¹.

Вместе с тем многие исследования показывают, что до 90 % своего времени человек, живущий в крупном городе, проводит в закрытых помещениях (ЗП) [1, 2]. Исходя из этого становится очевидным, что многочисленные факторы внутренней среды ЗП оказывают большее влияние на здоровье, чем качество наружного воздуха, что подтверждено рядом независимых работ [3–5]. При этом ВОЗ выделила микробную контаминацию как ключевой элемент загрязнения воздуха в ЗП². Неуклонный рост устойчивости микроорганизмов (МО) к антимикробным препаратам, проблема внутригоспитальных инфекций и опыт пандемии COVID-19 актуализируют проблему разработки новых методов управления микрофлорой абиотической среды ЗП [6].

В 2009 году была высказана гипотеза о том, что пробиотические МО и биосурфактанты из окружающей среды могут играть важную роль в методах борьбы с внутрибольничными инфекциями [7]. За последние несколько лет в экспериментах *in vitro* на культурах, искусственно контаминированных тест-микроорганизмами объектах, и испытаниях в практических условиях показана выраженная антагонистическая активность по отношению к патогенным и условно-патогенным МО ЗП у пробиотических штаммов *Bacillus* spp. [8–11]. На сегодняшний день известно, что стабильный антимикробный эффект от пробиотической очистки внутренней среды ЗП возможен лишь вследствие длительного (2–4 недели) систематического применения [10, 11], что трудозатратно при использовании стратегии ручной уборки, следовательно, необходима автоматизация данного процесса.

В решение данной задачи, учитывая принципы Стратегии научно-технического развития страны³, предлагается использовать активно развивающуюся сегодня концепцию «интернет вещей». Данный подход уже начинает внедряться некоторыми исследователями в область комплексного мониторинга и корректировки показателей внутренней среды ЗП в составе так называемых «умных» технологий [12, 13]. В ходе настоящего исследования была применена новаторская российская запатентованная разработка – сетевой программно-аппаратный комплекс (СПАК)⁴, позволяющий полностью автоматизировать процесс распыления пробиотика в ЗП.

Вместе с тем, по данным проведенного информационного поиска глубиной 15 лет, до настоящего времени методология применения подобных систем для пробиотической очистки не разработана, равно как эффективные и безопасные режимы такого

воздействия не определены. Также не обнаружены исследования влияния пробиотиков в виде аэрозоля на организм человека и животных. Перечисленные факты послужили обоснованием научной новизны настоящего исследования.

В связи с вышесказанным **целью исследования** явилось: разработать и обосновать методологию автоматизированной пробиотической очистки внутренней среды закрытого помещения на основе *Bacillus* spp., рассчитанную для современного сетевого программно-аппаратного комплекса на базе системы «интернет вещей», и апробировать ее при моделировании условий реального применения с использованием лабораторных животных.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (г. Нижний Новгород, Россия).

На первом (документарном, теоретическом) этапе расчет метода осуществлялся по данным информационного поиска. Анализ проводился с использованием публикаций, доступных в базах данных CyberLeninka, ResearchGate, PubMed, открытых интернет-ресурсах на русском и английском языках, в электронных и печатных архивах периодических научных журналов. Помимо научных статей рассматривались документы ВОЗ и нормативные законодательные акты РФ, посвященные данной проблеме. Критериями включения были временные рамки глубиной 15 лет. Всего по данной проблеме просмотрено 494 источника, для анализа были отобраны 32.

Второй этап (тестирование) осуществлялся в период август–сентябрь 2023 года – вне отопительного сезона. Дневная и ночная среднесуточная температура атмосферного воздуха составила $22,1 \pm 2,1$ и $11,5 \pm 1,6$ °C соответственно; относительная влажность воздуха окружающей среды – $72,1 \pm 2,1$ %. Тестирование проводилось при моделировании условий реального распыления пробиотика в экспериментальном ЗП объемом 40 м³ и площадью поверхностей стен и пола 65,5 м², оборудованном СПАК на базе технологии «интернет вещей»⁵. Во время тестирования в помещении имели доступ только рабочий по уходу за животными и научный сотрудник, осуществлявшие комплексный уход, осмотр состояния и исследовательские манипуляции с крысами с максимальным временем непрерывной работы до 1 ч. Кратность воздухообмена в ЗП поддерживалась на уровне 2,5 ч⁻¹. Мониторинг показаний температуры (*t*, °C) и относительной влажности воздуха (*φ*, %) осуществлялся с помощью гигрометра психрометрического ВИТ-1 (ОАО «Термоприбор», Россия) и датчика температуры, давления, относительной влажности воздуха на электронном модуле ВМЕ280, откалиброванном

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» [Электронный ресурс.] Режим доступа: www.consultant.ru (дата обращения: 11.01.2025).

² WHO Regional Office for Europe. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2009. Accessed October 17, 2025. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/9261a374-7d3b-4825-a61e-0c09dea2af87/content>

³ Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358?ref=supernova.is> (дата обращения: 11.01.2025).

⁴ Умнов А.Л. Сетевой программно-аппаратный комплекс для управления внутренней средой замкнутых помещений. Патент РФ № 2790317; 2023.

⁵ Умнов А.Л. Сетевой программно-аппаратный комплекс для управления внутренней средой замкнутых помещений. Патент РФ № 2790317; 2023.

в полевых условиях путем сравнения его показаний с данными прибора эталонного класса.

Распыление пробиотика осуществлялось с помощью адиабатического увлажнителя воздуха, основанного на мелкодисперсном центробежном распылении воды на диске вентилятора, подключенного к модулю управления применяемой системы. В качестве пробиотического средства использовали коммерчески доступный концентрированный препарат на основе композиции спор *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium* в очищенной воде, рекомендованный производителем для распыления в пространстве помещений. Рабочий раствор пробиотика готовили путем расчетного двухэтапного разведения концентрированного препарата ($1,6 \times 10^{11}$ КОЕ/мл) в дехлорированной водопроводной питьевой воде до концентрации $1,6 \times 10^7$ КОЕ/мл и обновляли 1 раз в сутки с соблюдением температурного режима хранения разбавленного средства (холодильник DEXP FR-16). Концентрацию жизнеспособных МО подтверждали и контролировали культуральным методом через 0,5, 3,5, 18 и 24 ч после приготовления раствора. Фактическая средняя концентрация рабочего раствора пробиотика составила $(2,8 \pm 0,4) \times 10^3$ КОЕ/мл. Всего на 28 дней воздействия потребовалось 45 мл концентрата.

Для оценки антимикробной активности тестируемого режима проводили стандартное качественное и/или количественное определение содержания МО в ЗП до, через 14 и 28 суток после воздействия (более 1700 посевов). С помощью аспиратора ПУ-1Б проводили отбор проб воздуха в четырех точках помещения общим объемом 1000 дм³ (16 проб)⁶ на расстоянии 0,5, 2,5 и 4,5 м от распылителя. Для посева использовали чашки с питательным агаром типа МПА (мясопептонный агар) и средой Сабуро. Взятие смывов (32 образца) производили ватными тампонами в пробирку со стерильной пептонной водой в 8 разноудаленных от распылителя точках с пяти видов поверхностей⁷. Смывную жидкость высевали на манит-солевой агар (для *Staphylococcus* spp.), среду Эндо и хромогенную среду для идентификации колиформных бактерий (для *E. coli*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Pseudomonas* spp. и *Enterobacter* spp.), энтерококкагар (для *Enterococcus* spp.), кровяной агар (для *Streptococcus* spp. и *Bacillus* spp.), а также МПА (для общего микробного числа – ОМЧ). Отбор проб проводили не ранее чем через 7 часов после осуществления пробиотической обработки [6]. Использовались культуральные среды российских, индийских и испанских производителей.

В экспериментальной части приняли участие 25 клинически здоровых белых беспородных самца

крыс возрастом 4 месяца и массой $489,9 \pm 38,6$ г, разделенных на 2 группы на основе ориентировочно-исследовательской активности в тесте «открытое поле» и веса: 1) опытная ($n = 15$) – животные, конвенционально содержащиеся в помещении, где распылялся пробиотик; 2) контрольная ($n = 10$) – животные, конвенционально содержащиеся в стандартных условиях (ветеринарное заключение № 52-005973 от 03.07.2023). Животные имели свободный доступ к водопроводной питьевой воде и полнорационному комбикорму для лабораторных животных. В период адаптации к условиям экспериментального ЗП (в течение 6 недель до распыления пробиотика) лабораторные крысы опытной группы служили также дополнительным источником естественной микробиологической контаминации: в помещении проводилась влажная механическая уборка без использования дезинфицирующих средств.

Для испытания влияния тестируемого способа распыления пробиотика на общее состояние организма применяли интегральные тесты: исследование динамики массы тела (300 замеров) и потребления пищи и воды (600 замеров), мониторинг поведенческих реакций крыс⁸. Оценку поведенческих реакций проводили с помощью еженедельных клинических наблюдений и клинических осмотров на предмет выявления неблагоприятного состояния по признакам боли и дистресса с присвоением баллов⁹ и теста «открытое поле», описанного в работе [14] с модификацией [15], в начале и в конце эксперимента.

Для оценки влияния предложенного режима распыления пробиотика на микрофлору кишечника исследовали фекальные массы [16] крыс методом последовательных десятикратных разведений суспензии в стерильном физиологическом растворе с последующим высевом на хромогенную среду для культивирования *E. coli*, среду Блаурокка для *Bifidobacterium* spp. и *Lactobacillus* spp., железосульфитный агар для *Clostridium* spp., кровяной агар для *Bacillus* spp., а также МПА для определения ОМЧ (более 3000 посевов). Тинкториальные характеристики смешанных культур определяли путем окрашивания мазков по Граму с последующим микроскопическим исследованием на микроскопе 12V DC 30W (400 микропрепаратов).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Statistica 8.0 и SigmaPlot 13.0. Распределение количественных данных оценивали с помощью критерия Шапиро – Уилка. При нормальном распределении количественные данные представляли в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$), при ненормальном распределении применяли $Me [Q1; Q3]$, где Me – медиана, $Q1$ – 25-й процентиль, $Q3$ – 75-й процентиль набора данных.

⁶ МУК 4.2.2942-11 Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 12 с.

⁷ МР 4.2.0220-20 Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды. Методические рекомендации (утв. Роспотребнадзором 04.12.2020). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.profiz.ru/cpl/2021/MP%204.2.0220-20.%204.2.%20Методы%20контроля.%20Биологические%20и%20микроб.pdf> (дата обращения 11.01.2025)

⁸ Р 4.2.3676-20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности» (утв. Роспотребнадзором 18.12.2020) [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573820733?ysclid=mg4vrrq3sbh740945631> (дата обращения 11.01.2025).

⁹ National Research Council (US) Committee on Recognition and Alleviation of Pain in Laboratory Animals. Recognition and Alleviation of Pain in Laboratory Animals. Washington (DC): National Academies Press (US); 2009. 3, Recognition and Assessment of Pain. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK32656> (дата обращения: 11.01.2025).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65
Original Research Article

Для описания качественных данных использовали долю и стандартное отклонение процентной доли ($\rho \pm \sigma$, %). Применяемые в работе критерии при сравнении данных описаны по тексту работы (критический уровень значимости $p < 0,05$).

Результаты. Основываясь на результатах предварительно проведенного информационного поиска, теоретически (документарно) был рассчитан режим для автоматизированного распыления пробиотического средства с использованием СПАК для ЗП объемом 40 м³ и площадью поверхностей стен и пола 65,5 м². Для покрытия поверхностей раствором из расчета 100 мл/м² требуется 6550 мл с концентрацией пробиотических МО порядка 10⁵–10⁷ КОЕ/мл. Для формирования систематического воздействия, что требуется при пробиотической очистке, было предложено распылять этот объем раствора равномерно в течение суток, чтобы снизить вероятность избыточного переувлажнения воздуха, т. е. по 273 мл/ч в течение 28 дней. СПАК позволяет распылять растворы со скоростью 58 мл/мин, т. е. время одного акта распыления – 4,7 мин.

Оценку антимикробной эффективности тестируемого режима распыления пробиотика проводили в условиях естественной микробиологической контаминации, создаваемой преимущественно в процессе жизнедеятельности лабораторных животных. Была определена степень микробиологического загрязнения в экспериментальном ЗП

непосредственно до воздействия пробиотического препарата. Результаты представлены в таблицах 1 и 2. Другие исследуемые МО (*Citrobacter* spp., *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Streptococcus* spp., *Pseudomonas* spp., *Aspergillus* spp.) не были обнаружены в период эксперимента.

После 14-суточного распыления пробиотического раствора в ЗП с присутствием лабораторных животных отмечена статистически значимая элиминация с неживых поверхностей энтерококков. Показано уменьшение общей микробиологической контаминации воздушной среды на 20 % ($p = 0,043$, критерий Уилкоксона): снизилась концентрация энтерококков и стафилококков, а *Candida* spp. и *Penicillium* spp. не выселились. Содержание *Bacillus* spp. в воздушной среде ЗП составило 1 КОЕ/м³. Несмотря на то что при последующем распылении произошла стабилизация содержания бактериальных компонентов в воздушной среде, пробиотик продолжал выполнять задачу пробиотической очистки, что подтверждается данными исследования уровня контаминации неживых поверхностей. Спустя 28 суток воздействия пробиотического раствора на микрофлору помещения стафилококки не были обнаружены в смывах. При этом не зарегистрировано избыточной обсемененности *Bacillus* spp. – изменения доли встречаемости пробиотических микроорганизмов были статистически незначимыми (табл. 1). Однако такое длительное распыление рабочего раствора

Таблица 1. Качественная характеристика микробиологического загрязнения абиотических поверхностей закрытого помещения до и после воздействия пробиотика

Table 1. Qualitative characteristics of microbiological contamination of abiotic surfaces in a closed chamber before and after probiotic exposure

Доля встречаемости среди смывов с неживых поверхностей / Occurrence rate in swabs from abiotic surfaces, $\rho \pm \sigma$, %	Группы микроорганизмов / Groups of microorganisms					
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp.	<i>Candida</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
До распыления пробиотика / Before probiotic spraying ($\varphi = 47,8 \pm 3,2$ %, $t = 26,6 \pm 0,5$ °C)						
0,0 ± 0,0	50,0 ± 17,5	87,5 ± 30,8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	12,5 ± 4,2
После 14 суток распыления пробиотика / After 14 days of probiotic spraying ($\varphi = 52,7 \pm 7,7$ %, $t = 23,9 \pm 0,6$ °C)						
12,5 ± 4,2	0,0 ± 0,0 ^a	62,5 ± 15,7	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
После 28 суток распыления пробиотика / After 28 days of probiotic spraying ($\varphi = 55,0 \pm 4,8$ %, $t = 22,3 \pm 0,2$ °C)						
0,0 ± 0,0	25,0 ± 15,0	0,0 ± 0,0 ^a	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	25,0 ± 15,0

Примечание: здесь и в табл. 2: φ – относительная влажность воздуха; t – температура воздуха; ^a $p < 0,05$ при сравнении с данными «до распыления» по тесту Мак-Немара.

Notes: here and in Tables 2, φ is the relative humidity and t is the temperature of indoor air; ^a $p < 0.05$ compared with the values before spraying, based on the McNemar's test.

Таблица 2. Характеристика микробиологического загрязнения воздушной среды закрытого помещения до и после воздействия пробиотика

Table 2. Characteristics of microbiological contamination of indoor air in a closed chamber before and after probiotic exposure

Концентрация микроорганизмов, КОЕ/м ³ / Concentration of microorganisms, CFU/m ³	Группы микроорганизмов / Groups of microorganisms					Общее микробное число / Total plate count
	<i>Enterococcus</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp.	<i>Candida</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.	
До распыления пробиотика / Before probiotic spraying ($\varphi = 47,8 \pm 3,2$ %, $t = 26,6 \pm 0,5$ °C)						
758	3034	1	5	2		3800
После 14 суток распыления пробиотика / After 14 days of probiotic spraying ($\varphi = 52,7 \pm 7,7$ %, $t = 23,9 \pm 0,6$ °C)						
608	2431	0	0	1		3040
После 28 суток распыления пробиотика / After 28 days of probiotic spraying ($\varphi = 55,0 \pm 4,8$ %, $t = 22,3 \pm 0,2$ °C)						
600	2396	35	9	0		3040

сопровождалось небольшим (в пределах низкого уровня контаминации) ростом условно-патогенной микрофлоры, а именно *Candida* spp. и *Penicillium* spp. в воздухе ЗП.

После 28 суток распыления отмечено снижение температуры с $26,6 \pm 0,5$ до $22,3 \pm 0,2$ °C ($p < 0,01$, t -критерий Стьюдента) и повышение относительной влажности воздуха с $47,8 \pm 3,2$ до $55,0 \pm 4,8$ % ($p < 0,01$, t -критерий Стьюдента). В этот же временной период в помещении с контрольной группой животных снизилась только температура воздуха на $0,5$ °C ($p < 0,01$, t -критерий Стьюдента).

Мониторинг массы тела показал, что при исходной однородности параметров в период воздействия пробиотика животные опытной группы набирали вес немного менее интенсивно и весили на момент завершения воздействия на $12,2$ % меньше крыс контрольной группы ($p = 0,043$, t -критерий Стьюдента) ($547,93 \pm 30,40$ и $615,10 \pm 38,16$ г соответственно). Это может быть связано с изменениями в динамике потребления воды и корма крысами: различия наблюдались после первой недели распыления пробиотика (рисунок). Зарегистрировано снижение количества выпиваемой воды и потребляемого

корма животными в опытной группе на 25 и 12 % соответственно.

Клинические наблюдения и осмотры на предмет выявления боли и дистресса свидетельствовали об удовлетворительном состоянии животных на протяжении всего эксперимента: колебания баллов составляли от 0 до 3 из 10 максимально возможных. Воздействие пробиотика статистически значимо ассоциировано со снижением доли встречаемости признаков неблагополучия (табл. 3).

Исходно однородные по данным теста «открытое поле» животные опытной и контрольной групп в конце эксперимента статистически значимо различались (табл. 4).

В контрольной группе животных наблюдалось снижение двигательной и исследовательской активности на 43 и 56 % соответственно по сравнению с началом эксперимента ($p = 0,005$, критерий Уилкоксона), а также по сравнению с крысами опытной группы в конце исследования ($p = 0,009$, критерий Манна – Уитни). В опытной группе двигательной-исследовательская активность не изменилась, но на 37 % снизилась эмоциональная реактивность (количество верчений, актов груминга,

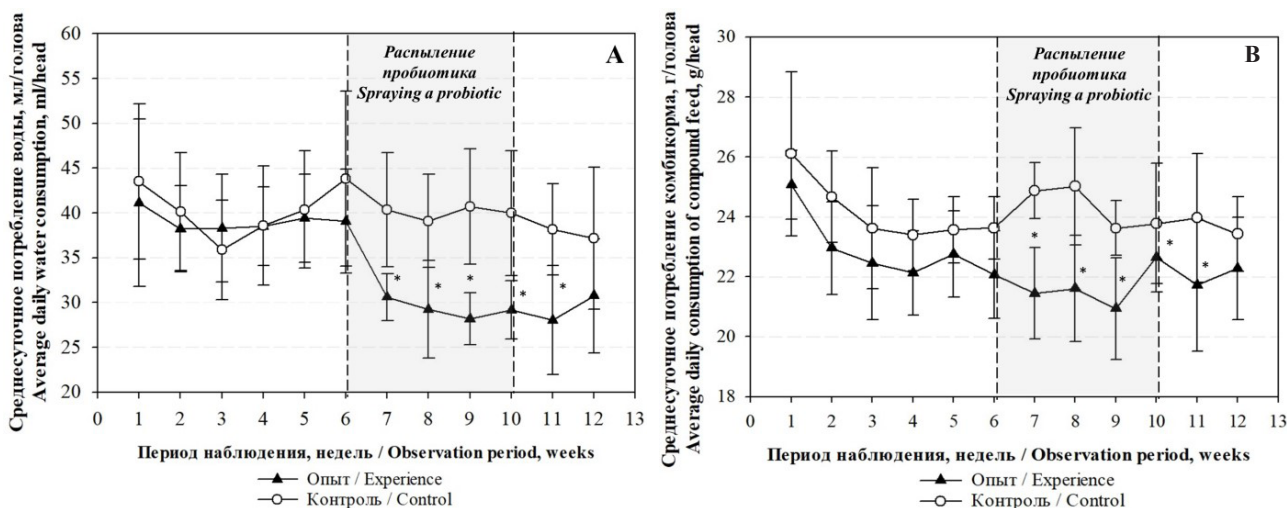


Рисунок. Динамика потребления воды (А) и корма (В) животными опытной и контрольной группы во время эксперимента ($M \pm SD$)

Figure. Dynamics of water (A) and feed (B) consumption by experimental and control animals during the observation period ($M \pm SD$)

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой по t -критерию Стьюдента.

Note: * $p < 0.05$ compared with controls, based on the Student's t -test.

Таблица 3. Изменение общего состояния организма лабораторных животных по результатам клинических наблюдений и клинических осмотров, $p \pm \sigma_p$, %

Table 3. Changes in the general state of the organism of laboratory animal based on the results of clinical observations and examinations, $p \pm \sigma_p$, %

Группа / Group	Доля встречаемости баллов боли и дистресса, $p \pm \sigma_p$, % / Occurrence of pain and distress scores, $p \pm \sigma_p$, %					
	до распыления пробиотика / before probiotic spraying		период распыления пробиотика ^а / during probiotic exposure ^а		после распыления пробиотика ^б / after probiotic spraying ^б	
	0	1-2	0	1-3	0	1-2
Опыт / Experimental	3,3 ± 3,3	96,6 ± 3,3	20,0 ± 5,2	80,0 ± 5,2	23,3 ± 7,7	76,7 ± 7,7
Контроль / Control	0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	0 ± 0,0	100,0 ± 0,0

Примечание: наличие статистически значимых различий частоты исхода в зависимости от воздействия фактора по точечному критерию Фишера ^а $P = 0,001$ и ^б $P = 0,034$ при уровне значимости $p < 0,05$.

Notes: the presence of statistically significant differences in the frequency of outcome given the effect of the factor based on the Fisher's exact test ^а $P = 0.001$ and ^б $P = 0.034$ at a significance level of $p < 0.05$.

Таблица 4. Изменение ориентировочно-поведенческой активности животных опытной и контрольной группы в начале и в конце эксперимента, Me [Q1;Q3]**Table 4. Parameters of behavioral activity of experimental and control rats before and after probiotic exposure in the open-field test, Me [Q1;Q3]**

Параметры ориентировочно-поведенческой активности / Behavioral activity parameters	Опытная группа / Experimental group		Контрольная группа / Control group	
	В начале эксперимента / Before exposure	В конце эксперимента / After exposure	В начале эксперимента / Before exposure	В конце эксперимента / After exposure
Горизонтальная двигательная активность / Horizontal locomotor activity	65,0 [49,0;89,0]	63,7 [53,7;71,0] ^a	76,7 [65,7;82,3]	43,7 [39,7;56,3] ^c
Общая исследовательская активность / General investigative activity	80,3 [66,7;104,3]	80,0 [69,0;85,3] ^a	94,5 [79,7;99,7]	52,8 [49,0;69,3] ^c
Эмоциональная реактивность / Emotional reactivity	10,0 [7,7;11,0]	6,3 [5,3;7,7] ^{a, b}	9,7 [7,7;12,3]	9,0 [7,7;10,0]
Тревожность / Anxiety	0,5 [0,2;0,8]	1,8 [0,0;8,6] ^b	1,0 [0,5;1,6]	2,6 [1,3;8,5]

Примечание: ^a $p = 0,009$ при сравнении с контрольной группой в конце эксперимента по критерию Манна – Уитни; ^b $p = 0,002$ при сравнении с опытной группой в начале эксперимента по критерию Уилкоксона; ^c $p = 0,005$ при сравнении с контрольной группой в начале эксперимента по критерию Уилкоксона.

Notes: ^a $p = 0,009$ compared with controls after exposure, based on the Mann – Whitney U test; ^b $p = 0,002$ compared with experimental animals before exposure; ^c $p = 0,005$ compared with controls before exposure, based on the Wilcoxon test.

дефекаций и уринаций) и на 28 % повысилась тревожность (время фризинга) ($p = 0,002$, критерий Уилкоксона).

Данные мониторинга микрофлоры толстого кишечника крыс на протяжении эксперимента представлены в табл. 5.

При исходной однородности количественного состава исследуемых МО в толстом кишечнике у крыс обеих групп наблюдались признаки дисбиотического нарушения: на 10^2 КОЕ/г было снижено количество *Bifidobacterium* spp. и на 10^3 КОЕ/г *E. coli* относительно нормы по литературным данным [17, 18]. Исследование микрофлоры кишечника непосредственно перед распылением пробиотика у животных показало сдвиг показателей МО относительно первичной оценки: на фоне усиления дефицита по бифидобактериям и эшерихиям наблюдалось повышение содержания *Clostridium* spp. до максимально исследуемого разведения 10^{11} КОЕ/г и снижение ОМЧ до 10^5 КОЕ/г, что является отклонением от нормы по литературным данным [17, 18] и примерно соответствует 2-й фазе дисбактериоза по классификации И.Б. Куваевой и К.С. Ладодо [19].

Исследование микробиологических показателей фекальных масс крыс опытной группы после 14-суточного воздействия пробиотика показало статистически значимое увеличение количества *Bifidobacterium* spp. на $10^{2,8}$ КОЕ/г и *E. coli* на 10^4 КОЕ/г, а также снижение содержания *Clostridium* spp. до $10^{2,6[1,0; 3,0]}$ КОЕ/г с превышением нормальных значений лишь у $33,3 \pm 1,2$ % животных. Однако статистически значимые различия с контрольными животными установлены только в отношении *Clostridium* spp. Более длительное воздействие пробиотика показало схожую динамику изменения микробного пейзажа толстого кишечника крыс обеих групп за исключением *Clostridium* spp. У животных опытной группы наблюдается стабилизация содержания кластридий в пределах нормы, тогда как у всех крыс контрольной группы данные

МО высевались в максимальном исследуемом разведении ($1 : 10^{11}$).

Обсуждение. Результаты проведенного авторами анализа доступных литературных данных [6, 8, 10, 11]^{10,11}, предварившего настоящую собственную научно-практическую работу, показали, что в основном для ручной пробиотической очистки поверхностей в ЗП использовались препараты на основе *Bacillus* spp. с концентрацией от $3,1 \times 10^6$ до $5,0 \times 10^8$ КОЕ/мл. Однако в доступной литературе не были выявлены сведения о концентрации пробиотических МО в применяемом растворе пробиотика. Далее в многочисленных инструкциях к применению коммерческих концентратов были найдены рекомендации о приготовлении 5–30 % растворов – в зависимости от назначения моющего средства, а следовательно, расчетные рекомендуемые концентрации рабочих растворов пробиотических средств, предположительно, могут варьировать в довольно широком диапазоне – $6,2 \times 10^5$ – $1,7 \times 10^7$ КОЕ/мл. В работах отдельных авторов показана эффективность плотности нанесения на поверхности растворов пробиотика 100 мл/м² [8]. Таким образом, литературные данные по рассматриваемой теме весьма неоднозначны и малоконкретны в числовом выражении. Однако именно эти материалы составили теоретический ориентир для проведения собственных расчетов.

Обобщая результаты практической части настоящей работы, а именно тестирования антимикробного действия на микрофлору внутренней среды ЗП при применении предложенного автоматизированного режима распыления пробиотического средства на основе *Bacillus* spp. с концентрацией $(2,8 \pm 0,4) \times 10^3$ КОЕ/мл, отметим следующее: статистически значимый противомикробный эффект в отношении энтерококков поверхностей ЗП был зарегистрирован через 14 сут., а в отношении стафилококков – через 28 сут. Эти данные сопоставимы с данными литературы при стратегии ручной уборки, с использованием

¹⁰ Умнов А.Л. Сетевой программно-аппаратный комплекс для управления внутренней средой замкнутых помещений. Патент РФ № 2790317; 2023.

¹¹ Виллох Ф.В.М., Де Костер К. Способ очистки поверхностей во внутренних помещениях и в техническом оборудовании с помощью доброкачественных бактерий. Патент РФ № 2 737 090; 2020.

Таблица 5. Динамика микрофлоры толстого кишечника лабораторных крыс в опытной и контрольной группах во время эксперимента

Table 5. Dynamics of gut microbiota indicators in the experimental and control rats during the experiment

Группы микроорганизмов / Groups of microorganisms	Группа исследования / Group of animals	Частота наблюдений / Frequency of observations, $\rho \pm \sigma, \%$	Концентрация, lg KOE/r / Concentration, lg CFU/g Me [Q1;Q3]
<i>Первичная оценка / Primary testing</i>			
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Опыт / Experimental	47 ± 13	3,7 [0,0; 11,0]
	Контроль / Control	40 ± 15	1,6 [0,0; 1,0]
<i>Lactobacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	100	8,1 [5,0; 11,0]
	Контроль / Control	100	9,8 [9,0; 11,0]
<i>Escherichia coli</i>	Опыт / Experimental	100	1,8 [1,0; 3,0]
	Контроль / Control	100	1,6 [1,0; 3,0]
<i>Clostridium</i> spp.	Опыт / Experimental	73 ± 11	2,5 [0,0; 3,0]
	Контроль / Control	50 ± 16	1,9 [0,0; 1,0]
<i>Bacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	0	0
	Контроль / Control	0	0
Общее микробное число / Total plate count	Опыт / Experimental	100	10,8 [8,7; 11,6]
	Контроль / Control	100	9,9 [8,7; 11,6]
<i>Перед распылением пробиотика / Before probiotic spraying</i>			
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Опыт / Experimental	13 ± 9	0,4 [0,0; 0,0] ^a
	Контроль / Control	10 ± 9	0,3 [0,0; 0,0]
<i>Lactobacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	100	9,5 [9,0; 11,0] ^a
	Контроль / Control	100	11,0 [11,0; 11,0]
<i>Escherichia coli</i>	Опыт / Experimental	87 ± 9	1,4 [1,0; 3,0] ^a
	Контроль / Control	100	3,2 [3,0; 5,0]
<i>Clostridium</i> spp.	Опыт / Experimental	100	4,7 [3,0; 7,0] ^{a, g}
	Контроль / Control	100	11,0 [11,0; 11,0] ^b
<i>Bacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	0	0
	Контроль / Control	0	0
Общее микробное число / Total plate count	Опыт / Experimental	100	5,6 [5,6; 5,6] ^a
	Контроль / Control	100	5,3 [5,3; 5,3] ^b
<i>После 14 суток распыления пробиотика / After 14 days of probiotic spraying</i>			
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Опыт / Experimental	67 ± 12	3,2 [0,0; 7,0] ^c
	Контроль / Control	30 ± 14	2,5 [0,0; 3,0]
<i>Lactobacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	100	8,3 [7,0; 11,0]
	Контроль / Control	100	8,0 [5,0; 11,0]
<i>Escherichia coli</i>	Опыт / Experimental	100	5,8 [3,0; 9,0] ^c
	Контроль / Control	100	4,8 [3,0; 7,0]
<i>Clostridium</i> spp.	Опыт / Experimental	87 ± 9	2,6 [1,0; 3,0] ^b
	Контроль / Control	80 ± 13	8,8 [11,0; 11,0]
<i>Bacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	0	0
	Контроль / Control	0	0
Общее микробное число / Total plate count	Опыт / Experimental	100	5,0 [4,9; 5,1] ^c
	Контроль / Control	100	5,5 [5,5; 5,5] ^d
<i>После 28 суток распыления пробиотика / After 28 days of probiotic spraying</i>			
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Опыт / Experimental	80 ± 10	3,0 [1,0; 7,0]
	Контроль / Control	60 ± 15	2,0 [0,0; 7,0]
<i>Lactobacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	100	11,0 [5,0; 11,0]
	Контроль / Control	100	11,0 [9,0; 11,0]
<i>Escherichia coli</i>	Опыт / Experimental	93 ± 7	5,0 [3,0; 9,0]
	Контроль / Control	100	9,0 [5,0; 11,0] ^b
<i>Clostridium</i> spp.	Опыт / Experimental	60 ± 13	1,0 [0,0; 11,0] ⁱ
	Контроль / Control	100	11,0 [11,0; 11,0] ^b
<i>Bacillus</i> spp.	Опыт / Experimental	0	0
	Контроль / Control	0	0
Общее микробное число / Total plate count	Опыт / Experimental	100	5,3 [5,2; 5,3] ^{e, i}
	Контроль / Control	100	5,3 [5,3; 5,4] ^{b, f}

Примечание: ^a $p < 0,05$ при сравнении с опытом при первичной оценке, ^b $p < 0,05$ при сравнении с контролем при первичной оценке, ^c $p < 0,05$ при сравнении с опытом до распыления, ^d $p < 0,05$ при сравнении с контролем до распыления, ^e $p < 0,05$ при сравнении с опытом после 14 суток распыления, ^f $p < 0,05$ при сравнении с контролем после 14 суток распыления по критерию Уилкоксона; ^g $p < 0,05$ при сравнении с контролем до распыления, ^h $p < 0,05$ при сравнении с контролем после 14 суток распыления, ⁱ $p < 0,05$ при сравнении с контролем после 28 суток распыления по критерию Манна – Уитни.

Notes: ^a $p < 0.05$ compared with experimental animals at primary testing; ^b $p < 0.05$ compared with controls at primary testing; ^c $p < 0.05$ compared with experimental animals before spraying; ^d $p < 0.05$ compared with controls before spraying; ^e $p < 0.05$ compared with experimental animals after 14 days of spraying; ^f $p < 0.05$ compared with controls after 14 days of spraying, based on the Wilcoxon test; ^g $p < 0.05$ compared with controls before spraying; ^h $p < 0.05$ compared with controls 14 days after spraying, ⁱ $p < 0.05$ compared with controls after 28 days of spraying, based on the Mann – Whitney U test.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65>
Original Research Article

средств с более высокой концентрацией пробиотических МО [9–11]. Также было зарегистрировано на 20 % снижение микробиологической обсемененности воздушной среды ЗП (нет данных для сравнения с ручным использованием пробиотиков). Предположительно, механизм очистки распыления раствора пробиотика в основном обусловлен высокой конкурентоспособностью *Bacillus* spp. вследствие синтеза широкого спектра антимикробных веществ, ферментов, поверхностно-активных и летучих органических веществ, обладающих высоким уровнем антагонистической активности против различных представителей грамположительной и грамотрицательной патогенной и условно-патогенной микрофлоры [20–21]. Однако, несмотря на проявление антагонистической активности в отношении условно-патогенной микрофлоры, выбранный нами режим распыления водного раствора спор *Bacillus* spp. в ЗП не способствовал избыточному росту бацилл, отмеченному в литературных источниках [9], что свидетельствует о минимизации риска повышенной обсемененности помещения данной группой МО. Зарегистрированный небольшой рост условно-патогенной микробиоты в воздушной среде через 28 суток распыления, что можно частично объяснить изменением микроклимата в помещении [22], требует дальнейшего исследования на определение рисков формирования нарушений в организме.

Тестирование предложенного режима при моделировании реальных условий применения на лабораторных животных показало, что последние испытывали эустресс в период распыления пробиотика, о чем свидетельствовали данные их пищевого и ориентировочно-исследовательского поведения. Небольшое снижение количества потребляемого корма и выпиваемой воды животными в опытной группе может быть обусловлено снижением температуры и повышением относительной влажности воздуха внутренней среды ЗП, а также физическим стрессом от воздействия [23]. Стоит отметить, что при этом параметры микроклимата были комфортными для человека и животных, так как оставались в пределах диапазона оптимальных значений по СанПиН 1.2.3685–21¹² и ГОСТ 33216–2014¹³), а вес животных был в пределах возрастной нормы [24]. Сохранение уровня двигательной активности и низкая эмоциональная реактивность в опытной группе, по сравнению с контролем, могут указывать на низкий уровень кортикостерона в крови после стрессового воздействия [25]. Животные чувствовали себя удовлетворительно без выраженных клинических нарушений и, наоборот, со снижением доли встречаемости признаков неблагополучия, что, вероятно, можно объяснить улучшением показателей микрофлоры толстого кишечника. Распыление пробиотика в тестируемом режиме способствовало нормализации содержания

Clostridium spp. в каловых массах лабораторных крыс. Антиклостридиальная активность бацилл показана в литературных данных при пероральном введении [26]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при распылении пробиотика *Bacillus* spp. и/или их метаболиты попадают в ЖКТ животных. Это возможно за счет мукоцилиарного транспорта, когда осевшие на мерцательном эпителии дыхательных путей частицы из воздуха со слизью перемещаются в ротоглотку и проглатываются. Кроме того, в процессе ауто- и аллогруминга (умывание, лизание, чистка гениталий, почесывание), часто встречающемся в поведении крыс, седиментированные на неживых поверхностях и телах лабораторных животных частицы пробиотического средства также могут поступать в пищеварительный тракт. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о хорошей переносимости автоматизированной пробиотической очистки ЗП животными и развитии у них эустрессовой реакции.

Результаты исследований и предложенная методология легли в основу разработки способа на изобретение¹⁴.

Заключение. Таким образом, при моделировании реальных условий применения с использованием лабораторных животных была разработана и обоснована новая методология автоматизированной пробиотической очистки внутренней среды ЗП на основе *Bacillus* spp., рассчитанная на современный сетевой программно-аппаратный комплекс на базе системы «интернет вещей». Получены базисные данные ее воздействия на санитарно-показательные микроорганизмы внутренней среды ЗП и отдельные параметры состояния организма лабораторных животных, которые в последующем могут применяться как оценочные. Методология базируется на применении предложенного режима автоматизированной очистки и является перспективной для дальнейшей верификации полученных результатов и продолжения исследований для снятия возникших сомнений в ее эффективности и безопасности – в целях широкого практического внедрения.

Благодарности: авторы выражают благодарность за всемерную помощь и содействие в работе директору ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора И.А. Умнягиной и заведующей клинико-диагностической лабораторией ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора Е.В. Наумочкиной, а также к.ф.-м.н. А.Л. Умнову за сотрудничество и техническое сопровождение исследования.

Acknowledgments: The authors would like to express their sincere gratitude to the Director of the Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases Umnyagina I.A. and the Head of the Clinical Diagnostic Laboratory of the same institute Naumochkina E.V. for their assistance and support of the study and to Umnov A.L., Cand. Sci. (Phys.-Math.) for cooperation and technical support of the study.

¹² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2) [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=mg4w15sv9r15927779> (дата обращения 11.01.2025).

¹³ ГОСТ 33216–2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2019. 15 с.

¹⁴ Умнягина И.А., Позднякова М.А., Жукова Е.С., Умнов А.Л., Чугунова В.В., Полякова Л.В. Способ распыления раствора пробиотика в закрытых помещениях. Патент РФ № 2833378; 2025.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашина Т.А., Новилов С.М., Мацюк А.В., Ландо Н.Г. Методические подходы к оценке региональных факторов экспозиции городского населения // Гигиена и санитария. 2007. № 5. С. 20-24.
2. Lee S, Lee K. Seasonal differences in determinants of time location patterns in an urban population: A large population-based study in Korea. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):672. doi: 10.3390/ijerph14070672
3. Raju S, Siddharthan T, McCormack MC. Indoor air pollution and respiratory health. *Clin Chest Med*. 2020;41(4):825-843. doi: 10.1016/j.ccm.2020.08.014
4. Kumar P, Singh AB, Singh R. Comprehensive health risk assessment of microbial indoor air quality in microenvironments. *PLoS One*. 2022;17(2):e0264226. doi: 10.1371/journal.pone.0264226
5. Rathbone CJ, Bousiotis D, Rose OG, Pope FD. Using low-cost sensors to assess common air pollution sources across multiple residences. *Sci Rep*. 2025;15(1):1803. doi: 10.1038/s41598-025-85985-1
6. Caselli E. Hygiene: Microbial strategies to reduce pathogens and drug resistance in clinical settings. *Microb Biotechnol*. 2017;10(5):1079-1083. doi: 10.1111/1751-7915.12755
7. Falagas ME, Makris GC. Probiotic bacteria and biosurfactants for nosocomial infection control: A hypothesis. *J Hosp Infect*. 2009;71(4):301-306. doi: 10.1016/j.jhin.2008.12.008
8. Ильякова А.В., Шестопалов Н.В., Федорова Л.С., Белова А.С. Возможность использования спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в производстве дезинфектантов // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 5. С. 436-442. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-5-436-442
9. Torres-Sánchez A, Pardo-Cacho J, López-Moreno A, Ruiz-Moreno A, Cerk K, Aguilera M. Antimicrobial effects of potential probiotics of *Bacillus* spp. isolated from human microbiota: *In vitro* and *in silico* methods. *Microorganisms*. 2021;9(8):1615. doi: 10.3390/microorganisms9081615
10. Soffritti I, D'Accolti M, Cason C, et al. Introduction of probiotic-based sanitation in the emergency ward of a children's hospital during the COVID-19 pandemic. *Infect Drug Resist*. 2022;15:1399-1410. doi: 10.2147/idr.s356740
11. Leistner R, Kohlmorgen B, Brodzinski A, et al. Environmental cleaning to prevent hospital-acquired infections on non-intensive care units: A pragmatic, single-centre, cluster randomized controlled, crossover trial comparing soap-based, disinfection and probiotic cleaning. *EClinicalMedicine*. 2023;59:101958. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.101958
12. Cowell N, Chapman L, Bloss W, Srivastava D, Bartington S, Singh A. Particulate matter in a lockdown home: Evaluation, calibration, results and health risk from an IoT enabled low-cost sensor network for residential air quality monitoring. *Environ Sci Atmos*. 2023;3:65-84. doi: 10.1039/d2ea00124a
13. Bobulski J, Szymoniak S, Pasternak K. An IoT system for air pollution monitoring with safe data transmission. *Sensors (Basel)*. 2024;24(2):445. doi: 10.3390/s24020445
14. Жукова Е.С., Щербатюк Т.Г., Позднякова М.А. Взаимосвязь между ростом злокачественной опухоли и особенностями поведения лабораторных животных // Природные ресурсы Земли и охрана окружающей среды. 2021. Т. 2. № 1. С. 44-47. doi: 10.26787/nydha-2713-203x-2021-2-1-44-47
15. Редина О.Е., Смоленская С.Э., Маркель А.Л. Генетический контроль поведения крыс НИСАГ в тесте открытого поля // Генетика. 2022. Т. 58. № 7. С. 773-785. doi: 10.31857/s0016675822070141
16. Точилина А.Г., Белова И.В., Соловьева И.В., Жирнов В.А., Иванова Т.П. Критерии оценки состава биоценоза просвета толстой кишки // Справочник заведующего КДЛ. 2016. № 8. С. 54-78.
17. Ким А.Д., Гольдберг О.А., Лепехова С.А., Коваль Е.В., Фадеева Т.В., Шедоева Л.Р. и др. Особенности топографической анатомии и пристеночной микрофлоры дистального отдела толстой кишки у крыс линии Wistar // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2016. Т. 2. № 108. С. 48-54.
18. Макарова М.Н., Крышен К.Л., Алякринская А.А., Рыбакова А.В., Макаров В.Г. Характеристика микрофлоры кишечника у человека и лабораторных животных // Международный вестник ветеринарии. 2016. № 4. С. 86-94.
19. Завгородняя Е.Ф. Дисбактериоз кишечника (обзор). Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2010; 16(16): 131-141.
20. Забокрицкий Н.А. Биологически активные вещества, синтезируемые пробиотическими микроорганизмами родов *Bacillus* и *Lactobacillus* // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2015. Т. 17. № 3. С. 80-90.
21. Zhu J, Chen Y, Imre K, et al. Mechanisms of probiotic *Bacillus* against enteric bacterial infections. *One Health Adv*. 2023;1:21. doi: 10.1186/s44280-023-00020-0
22. Калинина Н.В., Загайнова А.В., Юдин С.М., Гапонова Е.В., Банин И.М. Гигиеническая оценка микологической обсемененности внутренней среды помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 7. С. 632-638. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638
23. Francois M, Canal Delgado I, Shargorodsky N, Leu CS, Zeltser L. Assessing the effects of stress on feeding behaviors in laboratory mice. *eLife*. 2022;11:e70271. doi: 10.7554/eLife.70271
24. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Зубенкова Э.С., Вайнсон А.А., Бирюков А.П., Самойлов А.С. Зависимость массы тела от возраста для беспородных белых и восьми линий лабораторных крыс: синтетические исследования данных из экспериментальных работ и питомников в аспекте связи с радиочувствительностью. Некоторые характеристики вида «крыса» // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018. Т. 63. № 2. С. 1-41. doi: 10.12737/article_5ac6190e95da25.42157674
25. Умрюхин П.Е., Григорчук О.С. Поведение крыс в тесте открытого поля как прогностический критерий уровня кортикостерона до и после стрессорной нагрузки // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2015. Т. 101. № 12. С. 1366-1371.
26. Иылдырым Е.А., Лаптев Г.Ю., Новилова Н. И., Тюрина Д.Г., Ильина Л.А., Дубровин А.В. Как защитить птицу от клостридоза? // Птицеводство. 2021. № 12. С. 35-38.

REFERENCES

1. Shashina TA, Novikov SM, Matsyuk AV, Lando NG. Guidelines for the assessment of regional factors of the urban population exposure. *Gigiena i Sanitariya*. 2007;(5):20-24. (In Russ.)
2. Lee S, Lee K. Seasonal differences in determinants of time location patterns in an urban population: A large population-based study in Korea. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):672. doi: 10.3390/ijerph14070672
3. Raju S, Siddharthan T, McCormack MC. Indoor air pollution and respiratory health. *Clin Chest Med*. 2020;41(4):825-843. doi: 10.1016/j.ccm.2020.08.014
4. Kumar P, Singh AB, Singh R. Comprehensive health risk assessment of microbial indoor air quality in microenvironments. *PLoS One*. 2022;17(2):e0264226. doi: 10.1371/journal.pone.0264226
5. Rathbone CJ, Bousiotis D, Rose OG, Pope FD. Using low-cost sensors to assess common air pollution sources across multiple residences. *Sci Rep*. 2025;15(1):1803. doi: 10.1038/s41598-025-85985-1
6. Caselli E. Hygiene: Microbial strategies to reduce pathogens and drug resistance in clinical settings. *Microb Biotechnol*. 2017;10(5):1079-1083. doi: 10.1111/1751-7915.12755
7. Falagas ME, Makris GC. Probiotic bacteria and biosurfactants for nosocomial infection control: A hypothesis. *J Hosp Infect*. 2009;71(4):301-306. doi: 10.1016/j.jhin.2008.12.008
8. Ilyakova AV, Shestopalov NV, Fedorova LS, Belova AS. The possibility of using bacteria *Bacillus* in the production of disinfectants. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(5):436-442. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-5-436-442
9. Torres-Sánchez A, Pardo-Cacho J, López-Moreno A, Ruiz-Moreno A, Cerk K, Aguilera M. Antimicrobial effects of potential probiotics of *Bacillus* spp. isolated from human microbiota: *In vitro* and *in silico* methods. *Microorganisms*. 2021;9(8):1615. doi: 10.3390/microorganisms9081615
10. Soffritti I, D'Accolti M, Cason C, et al. Introduction of probiotic-based sanitation in the emergency ward of a children's hospital during the COVID-19 pandemic. *Infect Drug Resist*. 2022;15:1399-1410. doi: 10.2147/idr.s356740
11. Leistner R, Kohlmorgen B, Brodzinski A, et al. Environmental cleaning to prevent hospital-acquired infections on non-intensive care units: A pragmatic, single-centre, cluster randomized controlled, crossover trial comparing

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-56-65>
Original Research Article

- soap-based, disinfection and probiotic cleaning. *EclinicalMedicine*. 2023;59:101958. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.101958
12. Cowell N, Chapman L, Bloss W, Srivastava D, Bartington S, Singh A. Particulate matter in a lockdown home: Evaluation, calibration, results and health risk from an IoT enabled low-cost sensor network for residential air quality monitoring. *Environ Sci Atmos*. 2023;3:65-84. doi: 10.1039/d2ea00124a
 13. Bobulski J, Szymoniak S, Pasternak K. An IoT system for air pollution monitoring with safe data transmission. *Sensors (Basel)*. 2024;24(2):445. doi: 10.3390/s24020445
 14. Zhukova ES, Shcherbatyuk TG, Pozdniakova MA. The relationship between a malignant tumor growth and peculiarities of behavior of laboratory animals. *Prirodnye Resursy Zemli i Okhrana Okruzhayushchey Sredy*. 2021;2(1):44-47. (In Russ.) doi: 10.26787/nydha-2713-203x-2021-2-1-44-47
 15. Redina OE, Smolenskaya SE, Markel AL. Genetic control of the behavior of ISIAH rats in the open field test. *Russian Journal of Genetics*. 2022;58(7):791-803. doi: 10.1134/s1022795422070146
 16. Tochilina AG, Belova IV, Solovieva IV, Zhirnov VA, Ivanova TP. [Criteria for assessing the composition of the biocenosis of the lumen of the large intestine.] *Spravochnik Zaveduyushchego KDL*. 2016;(8):54-78. (In Russ.)
 17. Kim AD, Goldberg OA, Lepekhnova SA, et al. Peculiarities of topographic anatomy and crypt compartment of distal colon in Wistar rats. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2016;1(2(108)):48-54. (In Russ.)
 18. Makarova MN, Kryshen KL, Alyakrinskaya AA, Rybakova AV, Makarov VG. Characteristics of the intestinal microflora in humans and laboratory animals. *Mezhdunarodnyy Vestnik Veterinari*. 2016;(4):97-105. (In Russ.)
 19. Zavgorodnyaya EF. [Intestinal dysbiosis (review).] *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2010;(16(16)):131-141. (In Russ.)
 20. Zabokritskiy NA. The biologically active substances produced probiotic microorganisms of the genera *Bacillus* and *Lactobacillus*. *Zhurnal Nauchnykh Statey Zdorov'e i Obrazovanie v XXI Veke*. 2015;17(3):80-90. (In Russ.)
 21. Zhu J, Chen Y, Imre K, et al. Mechanisms of probiotic *Bacillus* against enteric bacterial infections. *One Health Adv*. 2023;1:21. doi: 10.1186/s44280-023-00020-0
 22. Kalinina NV, Zagainova AV, Yudin SM, Gaponova EB, Bunin IM. Hygienic assessment of mycological contamination of the internal environment of residential and public buildings. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(7):632-638. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638
 23. Francois M, Canal Delgado I, Shargorodsky N, Leu CS, Zeltser L. Assessing the effects of stress on feeding behaviors in laboratory mice. *eLife*. 2022;11:e70271. doi: 10.7554/eLife.70271
 24. Koterov AN, Ushenkova LN, Zubenkova ES, Wainson AA, Biryukov AP, Samoylov AS. Dependence of body weight on age for random-bred albino rat and for eight lines of laboratory rat: Synthetic studies of data from experimental works and nurseries in aspect of the relationship with radiosensitivity. Some characteristics of rat species. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'*. 2018;63(2):1-41. (In Russ.) doi: 10.12737/article_5ac6190e95da25.42157674
 25. Umriukhin PE, Grigorchuk OS. Open field behavior as a predictive criteria reflecting rat corticosterone level before and after stress. *Rossiyskiy Fiziologicheskiy Zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2015;101(12):1366-1371. (In Russ.)
 26. Yildyrym EA, Laptev GYu, Novikova NI, et al. Protecting poultry against clostridiosis. *Ptitsevodstvo*. 2021;(12):35-38. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Позднякова Марина Александровна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник – зав. отделом медико-профилактических технологий управления рисками общественному здоровью; e-mail: prof_pozdniakova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7767-6098>.

✉ **Жукова** Евгения Сергеевна – старший научный сотрудник – зав. лабораторией моделирования эффектов воздействия на организм факторов окружающей среды; e-mail: evgenya_plekhanova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9016-2390>.

Шалаганова Вероника Владимировна – младший научный сотрудник отдела медико-профилактических технологий управления рисками общественному здоровью; e-mail: veronikachygg@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5248-3209>.

Полякова Любовь Валерьевна – младший научный сотрудник отдела медико-профилактических технологий управления рисками общественному здоровью; e-mail: polaykova2016@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7056-734X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование: *Позднякова М.А.*; анализ и интерпретация результатов, редактирование: *Жукова Е.С.*; сбор данных, подготовка рукописи: *Шалаганова В.В., Полякова Л.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено комиссией по контролю за содержанием и использованием лабораторных животных ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора (протокол №1 от 19.06.2023) и выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ETS № 123, и Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г.

Финансирование: работа выполнялась в рамках Государственного задания ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора (Reg. № НИОКТР 121020900054-2, сроки выполнения 2021–2025 гг.).

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

Статья получена: 27.03.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликована: 31.10.25

Author information:

Marina A. **Pozdniakova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Head of the Department of Medical and Preventive Technologies for Public Health Risk Management; e-mail: prof_pozdniakova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7767-6098>.

✉ Evgeniya S. **Zhukova**, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Modeling Health Effects of Environmental Factors; e-mail: evgenya_plekhanova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9016-2390>.

Veronika V. **Shalaganova**, Junior Researcher, Department of Medical and Preventive Technologies for Public Health Risk Management; e-mail: veronikachygg@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5248-3209>.

Lyubov V. **Polyakova**, Junior Researcher, Department of Medical and Preventive Technologies for Public Health Risk Management; e-mail: polaykova2016@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7056-734X>.

Author contributions: study conception and design: *Pozdniakova M.A., Zhukova E.S.*; data collection: *Shalaganova V.V., Polyakova L.V.*; analysis and interpretation of results: *Zhukova E.S., Shalaganova V.V., Polyakova L.V.*; draft manuscript preparation: *Shalaganova V.V.*; editing: *Pozdniakova M.A., Zhukova E.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Committee for the Control of the Care and Use of Laboratory Animals of the Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases (protocol No. 1 of June 19, 2023) and was carried out in accordance with the ethical standards for the treatment of animals adopted by the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes ETS No. 123, and Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of September 22, 2010.

Funding: The work was carried out within the framework of the government assignment of the Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases (Reg. No. R&D 121020900054-2, implementation period: 2021–2025).

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

Received: March 27, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



© Коллектив авторов, 2025

УДК 595.421(571.12+571.122)

Распространенность генетических маркеров инфекционных заболеваний, передающихся клещами, у иксодовых клещей, собранных на территории Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа в различных ландшафтных зонах

К.Б. Степанова, Т.Ф. Степанова, А.П. Ребещенко, И.В. Бакштановская,
С.А. Кротов, Г.В. Плышевский

ФБУН «Тюменский научно-исследовательский институт краевой инфекционной патологии»
Роспотребнадзор, ул. Республики, д. 147, г. Тюмень, 625026, Российская Федерация

Резюме

Введение. Повсеместное распространение иксодовых клещей, их способность резервировать и передавать возбудителей многих инфекций вирусной и бактериальной природы обуславливает актуальность исследования.

Цель исследования: охарактеризовать структуру и распространенность генетических маркеров возбудителей трансмиссивных инфекций у клещей *D. reticulatus* и *I. persulcatus*, собранных с растительности в Тюменской области и подзоне средней тайги Ханты-Мансийского автономного округа.

Материалы и методы. Ретроспективный анализ за 16-летний период, охватывающий эпидемические сезоны 2004, 2007–2011, 2013, 2015–2018 и 2021–2025 гг., в ходе которого было собрано с растительности методом «на флаг» и идентифицировано 5473 имаго клещей вида *I. persulcatus* ($n = 2742$) и *D. reticulatus* ($n = 2731$) с территорий Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Проведена видовая идентификация и определен пол клещей. Методом полимеразной цепной реакции исследованы непупированные клещи на наличие генетических маркеров вируса клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов, моноцитарного эрлихиоза человека и гранулоцитарного анаплазмоза человека. Рассчитаны среднесезонные показатели, выполнен анализ номинальных переменных с применением критерия χ^2 Пирсона, с визуализацией и систематизацией информации в Microsoft Excel. Статистический анализ выполнен лицензионным программным обеспечением IBM SPSS Statistics 22.0.

Результаты. Многолетнее исследование иксодовых клещей показало, что *D. reticulatus* чаще всего были обнаружены на урбанизированных и парковых территориях г. Тюмени, реже в подзоне подтайги и северной лесостепи. *I. persulcatus* преобладали в подзоне южной тайги Тюменской области и средней тайги ХМАО. С 2015 г. на территории г. Тюмени впервые были обнаружены *I. persulcatus*. Анализ гендерной структуры выявил преобладание в сборах с растительности самок у вида *I. persulcatus*, а самцов – у *D. reticulatus*. У *I. persulcatus*, собранных в подзоне северной лесостепи, выявляли маркеры МЭЧ – в 27,8 % и ИКБ – в 26,8 % случаев. У *D. reticulatus*, собранных в г. Тюмени, обнаружена ДНК боррелий в 1,8 % и ДНК анаплазм – в 0,4 % случаев. В подзоне южной тайги у *I. persulcatus* обнаружены ДНК ИКБ в 59,5 % случаев, ДНК МЭЧ – в 14,6 %, ГАЧ – в 16,4 %, РНК КЭ – в 5,9 %. В зоне средней тайги у *I. persulcatus* чаще выявляли ДНК ИКБ в 46,5 % случаев, ДНК МЭЧ – в 15,7 % и РНК КЭ – в 7,1 % случаев.

Заключение. Показана ведущая роль *I. persulcatus* в поддержании эпидемической активности природных очагов в ландшафтных зонах Тюменской области (северная лесостепь, южная тайга) и ХМАО (подзона средней тайги).

Ключевые слова: *Dermacentor reticulatus*, *Ixodes persulcatus*, ландшафтные зоны, трансмиссивные инфекции, заболеваемость.

Для цитирования: Степанова К.Б., Степанова Т.Ф., Ребещенко А.П., Бакштановская И.В., Кротов С.А., Плышевский Г.В. Распространенность генетических маркеров инфекционных заболеваний, передающихся клещами, у иксодовых клещей, собранных на территории Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа в различных ландшафтных зонах // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 66–73. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73

Prevalence of Genetic Markers of Tick-Borne Diseases in Ixodid Ticks Collected in Various Landscape Zones of the Tyumen Region and the Khanty-Mansi Autonomous Okrug

Kseniya B. Stepanova, Tatyana F. Stepanova, Anna P. Rebeshchenko, Irina V. Bakshtanovskaya,
Sergei A. Krotov, Georgy V. Plyshevskij

Tyumen Region Infection Pathology Research Institute, 147 Republic Street, Tyumen, 625026, Russian Federation

Summary

Introduction: The wide distribution of ixodid ticks and their ability to preserve and transmit pathogens of many viral and bacterial infections determine the relevance of this study.

Objective: To characterize the structure and prevalence of genetic markers of vector-borne pathogens in *Dermacentor reticulatus* and *Ixodes persulcatus* ticks collected from vegetation in the Tyumen Region and in the middle taiga subzone of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Materials and Methods: We conducted a retrospective 16-year analysis covering the epidemic seasons of the years 2004, 2007–2011, 2013, 2015–2018, and 2021–2025 and including 5,473 adult taiga (*I. persulcatus* ($n = 2,742$)) and meadow (*D. reticulatus* ($n = 2,731$)) ticks collected from vegetation in the Tyumen Region and the Khanty-Mansi Autonomous Okrug by flagging. Tick species and sex were established. The presence of genetic markers of tick-borne encephalitis virus (TBEV), ixodid tick-borne borreliosis (ITBB), human monocytic ehrlichiosis (HME), and human granulocytic anaplasmosis (HGA) was detected in unpooled ticks using the polymerase chain reaction. We calculated long-term rates, analyzed nominal variables using the Pearson's χ^2 test, visualized and systematized data in Microsoft Excel. Statistical analysis was performed using licensed IBM SPSS Statistics 22.0.

Results: The long-term study of ixodid ticks showed that *D. reticulatus* ticks were usually found in urbanized areas and parks of the Tyumen city, less often in the subtaiga and northern forest-steppe subzones. *I. persulcatus* ticks prevailed in

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73>
Original Research Article

the southern taiga subzone of the Tyumen Region and the middle taiga of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug. In 2015, taiga ticks were found in Tyumen for the first time. Females and males dominated among *I. persulcatus* and *D. reticulatus* ticks, respectively. We observed markers of HME in 27.8 % and those of ITBB in 26.8 % of the taiga ticks collected in the northern forest-steppe subzone. Borrelia and anaplasma DNAs were detected in 1.8 % and 0.4 % of the meadow ticks collected in Tyumen. The ITBB DNA was found in 59.5 %, HME DNA in 14.6 %, HGA in 16.4 %, and TBEV RNA in 5.9 % of the *I. persulcatus* ticks collected in the southern taiga subzone while those collected in the middle taiga zone usually contained ITBB DNA (46.5 %), HME DNA (15.7 %), and TBEV RNA (7.1 %).

Conclusions: The findings demonstrate the leading role of *I. persulcatus* ticks in maintaining the epidemic activity of natural foci in the northern forest-steppe and southern taiga zones of the Tyumen Region and the middle taiga subzone of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Keywords: *Dermacentor reticulatus*, *Ixodes persulcatus*, landscape zones, vector-borne diseases, morbidity.

Cite as: Stepanova KB, Stepanova TF, Rebeshchenko AP, Bakshantovskaya IV, Krotov SA, Plyshevskij GV. Prevalence of genetic markers of tick-borne diseases in ixodid ticks collected in various landscape zones of the Tyumen Region and the Khanty-Mansi Autonomous Okrug. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):66–73. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73

Введение. Инфекции, передаваемые клещами, вносят значительный вклад в структуру природно-очаговых заболеваний в Российской Федерации и представляют существенную проблему для общественного здравоохранения в регионах с умеренным климатом [1–3]. Особенно остро эта проблема стоит в весенне-летний период, когда активность клещей достигает пика. Морфологические особенности и жизненный цикл иксодовых клещей способствуют одновременному нахождению в одном переносчике множества патогенных микроорганизмов. К ним относятся, в частности, возбудители клещевого энцефалита (КЭ), иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ), моноцитарного эрлихиоза человека (МЭЧ) и гранулоцитарного анаплазмоза человека (ГАЧ) [4–6]. Это способствует формированию сочетанных природных очагов во многих эндемичных регионах с одновременной циркуляцией широкого спектра возбудителей различной природы [7, 8].

Ряд регионов Западной Сибири, в том числе и Тюменская область, ежегодно входят в число регионов с наиболее высокой обращаемостью населения по факту присасывания клещей и заболеваемостью клещевым энцефалитом и иксодовым клещевым боррелиозом [9, 10]. По данным федеральной статистической отчетности за период 2010–2024 гг. среднемноголетний показатель заболеваемости вирусным клещевым энцефалитом составил 5,32 на 100 тыс. населения; иксодовым клещевым боррелиозом – 5,10 на 100 тыс. населения (РФ – 1,41 и 4,76 на 100 тыс. населения соответственно)¹. С 2013 г. ведется статистический учет случаев заболеваемости «новыми» трансмиссивными клещевыми инфекциями – моноцитарным эрлихиозом человека (МЭЧ) и гранулоцитарным анаплазмозом человека (ГАЧ)². С момента учета в Тюменской области было зарегистрировано 12 случаев заболевания МЭЧ (0,07 на 100 тыс. населения) и 92 случая заболевания ГАЧ (0,53 на 100 тыс. населения), что выше среднемноголетних показателей заболеваемости в РФ: заболеваемость МЭЧ составила 0,01 на 100 тыс. населения (174 сл.), ГАЧ – 0,04 на 100 тыс. населения (729 сл.). Заболеваемость клещевыми инфекциями на территории Ханты-Мансийского

автономного округа (ХМАО) ниже или не превышает среднемноголетние показатели заболеваемости в РФ; КЭ – 1,05 на 100 тыс. населения, ИКБ – 1,47 на 100 тыс. населения, ГАЧ – 0,046 и МЭЧ – 0,01 на 100 тыс. населения³.

Вся территория Тюменской области находится в пределах ареала распространения иксодовых клещей и располагается в следующих ландшафтных зонах: северной лесостепи, подтайги и южной тайги. Районы Ханты-Мансийского автономного округа (Октябрьский, Кондинский, Ханты-Мансийский) относятся к зоне средней тайги. Наибольшее эпидемиологическое значение на данных территориях имеют клещи видов *Ixodes persulcatus* (таежный клещ) и *Dermacentor reticulatus* (луговой клещ) как резервуары и основные переносчики возбудителей инфекций [11].

Цель исследования – охарактеризовать структуру и распространенность генетических маркеров возбудителей трансмиссивных инфекций у клещей *D. reticulatus* и *I. persulcatus*, собранных с растительности в Тюменской области и подзоне средней тайги Ханты-Мансийского автономного округа.

Материалы и методы. Сбор клещей проводился сотрудниками лабораторий ФБУН ТНИИКИП Роспотребнадзора в рамках плановых НИР в течение 16 лет, включавших эпидемические сезоны 2004, 2007–2011, 2013, 2015–2018, 2021–2025 гг. на парковых и урбанизированных территориях, на открытых пространствах, в г. Тюмени и в природных биотопах, расположенных в ландшафтных подзонах северной лесостепи (Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский районы), подтайги (г. Тюмень, г. Заводоуковск, Ишимский, Аромашевский, Омутинский районы), южной тайги (Нижне-Тавдинский, Уватский районы) и средней тайги на территории Ханты-Мансийского автономного округа (Октябрьский, Кондинский, Ханты-Мансийский районы). Иксодовые клещи собирались с использованием метода «на флаг» с регистрацией численности клещей в единицах флага/километр или волокуша/час. Исследовали имаго клещей.

Всего собрано и идентифицировано 5473 иксодовых клеща, из них 2742 – *I. persulcatus*, обнаруженных

¹ Форма № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» за 2010–2024 гг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=484571> (дата обращения: 15.04.2025).

² Письмо Главного государственного санитарного врача РФ от 10.10.2012 г. № 01/11403-12-32 «О мерах по усилению эпидемиологического надзора за трансмиссивными инфекциями» [Электронный ресурс] режим доступа: (дата обращения: 15.04.2025).

³ Форма № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» за 2013–2024 гг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=484571> (дата обращения: 15.04.2025).

преимущественно в ландшафтной подзоне южной тайги, и 2731 – *D. reticulatus*, подавляющее большинство которых собраны на территориях, относящихся к зоне подтайги. Количество исследованных клещей по эпидсезонам и территориям указано в табл. 1.

Видовое определение клещей, пол и лабораторные исследования проводились в лабораториях ФБУН ТНИИКИП Роспотребнадзора. Исследовалась каждая отдельная особь, без объединения в пулы, методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени с использованием коммерческих

наборов «Рибо-преп», «Реверта» и АмплиСенс TBEV, *B. burgdorferi* sl, *A. phagocytophillum*, *E. chaffeensis*/*E. muris*-FL (ФБУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора, г. Москва).

Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Excel. Для проведения ретроспективного исследования рассчитывались среднеемноголетний показатель заболеваемости (на 100 тыс. населения или ‰). Анализ номинальных данных проводился

Таблица 1. Количество исследованных клещей *I. persulcatus* и *D. reticulatus* в разрезе ландшафтных зон
Table 1. Number of *I. persulcatus* and *D. reticulatus* ticks tested for pathogens by landscape zones

		Количество клещей, экз. / Number of ticks	
		<i>D. reticulatus</i>	<i>I. persulcatus</i>
		Тюмень / Tyumen	
Всего		2476	5
год / year	2007	34	0
	2015	655	3
	2016	213	0
	2017	474	1
	2018	185	0
	2021	45	0
	2022	455	0
	2023	307	0
	2024	108	1
		Северная лесостепь (Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский районы) / Northern forest-steppe (Armizonsky, Berdyuzhsky, Kazansky, Sladkovsky districts)	
Всего		67	97
год / year	2009	0	51
	2011	67	0
	2013	0	46
		Подтайга (г. Заводоуковск, Ишимский, Аромашевский, Омутинский районы) / Subtaiga (Zavodoukovsk city; Ishimsky, Aromashevsky, and Omutinsky districts)	
Всего		186	34
год / year	2016	183	32
	2018	3	2
		Южная тайга (Нижне-Тавдинский, Уватский районы) / Southern taiga (Nizhne-Tavdinsky and Uvatsky districts)	
Всего		2	2408
год / year	2008	0	69
	2010	0	46
	2013	0	46
	2015	2	477
	2016	0	181
	2017	0	278
	2018	0	202
	2021	0	419
	2022	0	171
	2023	0	299
	2024	0	193
	2025	0	27
		Средняя тайга (ХМАО: Октябрьский, Кондинский, Ханты-Мансийский районы) / Middle taiga (Khanty-Mansi Autonomous Okrug: Oktyabrsky, Kondinsky, and Khanty-Mansiysky districts)	
Всего		–	198
год / year	2004	–	129
	2008	–	69

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73
Original Research Article

при помощи критерия χ^2 Пирсона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$ (IBM SPSS Statistics 22,0).

Результаты. За 9 эпидемических сезонов (2007, 2015–2018 и 2021–2024 гг.) на урбанизированных и парковых территориях г. Тюмени были собраны *D. reticulatus* в количестве 2476 особей и 5 особей *I. persulcatus*. В Тюменской области на территориях г. Заводоуковска, Ишимского, Аромашевского,

Омутинского районов (отнесены к зоне подтайги) обнаружены *D. reticulatus* (186) и *I. persulcatus* (34). За три года (2009, 2011, 2013) в ландшафтной зоне северной лесостепи на территории Тюменской области обнаруживались два вида клещей: *I. persulcatus* (97) и *D. reticulatus* (67). На полевом стационаре в подзоне южной тайги ежегодно собирали *I. persulcatus*. Всего за 12 лет наблюдений (2008, 2010, 2013, 2015–2018, 2021–2025 гг.) было собрано

Таблица 2. Результаты энтомологического мониторинга *I. persulcatus* и *D. reticulatus* в разрезе ландшафтных зон
Table 2. Results of entomological monitoring of *I. persulcatus* and *D. reticulatus* ticks by landscape zones

		Исследовано клещей, абс. / выделено возбудителей, абс. / % (95% ДИ) / Ticks tested, n / pathogens isolated, n / % (95% CI)	
		<i>D. reticulatus</i>	<i>I. persulcatus</i>
Тюмень / Tyumen			
Гендерная структура / Sex distribution	Самки / Females	1024 / 41,4% (39,41–43,33)	1 / 20,0% (0,51–71,64)
	Самцы / Males	865 / 34,9% (33,06–36,85)	4 / 80,0% (28,36–99,49)
	Нет данных / No data	587 / 23,7% (22,04–25,43)	
Генетические маркеры / Genetic markers	КЗ / TBE	896 / 0	–
	ИКБ / ITBB	900 / 16 / 1,8% (1,02–2,87)	–
	МЗЧ / HME	896 / 0	–
	ГАЧ / HGA	898 / 4 / 0,4% (0,12–1,14)	–
Северная лесостепь (Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский районы) / Northern forest-steppe (Armizonsky, Berdyuzhsky, Kazansky, and Sladkovsky districts)			
Гендерная структура / Sex distribution	Самки / Females	48 / 71,6% (59,31–81,99)	62 / 63,9% (53,54–73,42)
	Самцы / Males	19 / 28,4% (18,01–40,69)	35 / 36,1% (26,58–46,46)
Генетические маркеры / Genetic markers	КЗ / TBE	67 / 0	97 / 0
	ИКБ / ITBB	67 / 0	97 / 26 / 26,8% (18,32–36,76)
	МЗЧ / HME	67 / 0	97 / 27 / 27,8% (19,21–37,86)
	ГАЧ / HGA	67 / 0	97 / 4 / 4,1% (1,13–10,22)
Подтайга (г. Заводоуковск, Ишимский, Аромашевский, Омутинский районы) / Subtaiga (Zavodoukovsk city; Ishimsky, Aromashevsky, and Omutinsky districts)			
Гендерная структура / Sex distribution	Самки / Females	61 / 32,8% (26,1–40,05)	16 / 47,1% (29,78–64,87)
	Самцы / Males	125 / 67,2% (59,95–73,9)	18 / 52,9% (35,13–70,22)
Генетические маркеры / Genetic markers	КЗ / TBE	186 / 0	34 / 0
	ИКБ / ITBB	186 / 0	34 / 0
	МЗЧ / HME	186 / 0	34 / 0
	ГАЧ / HGA	186 / 0	34 / 0
Южная тайга (Нижне-Тавдинский, Уватский районы) / Southern taiga (Nizhne-Tavdinsky and Uvatsky districts)			
Гендерная структура / Sex distribution	Самки / Females	1 (50%)	1185 / 49,2% (47,2–51,23)
	Самцы / Males	1 (50%)	741 / 30,8% (28,93–32,66)
	Нет данных / No data	0	482 / 20,0% (18,43–21,67)
Генетические маркеры / Genetic markers	КЗ / TBE	–	1331 / 78 / 5,9% (4,66–7,26)
	ИКБ / ITBB	–	1331 / 792 / 59,5% (56,81–62,16)
	МЗЧ / HME	–	1289 / 188 / 14,6% (12,7–16,63)
	ГАЧ / HGA	–	1289 / 211 / 16,4% (14,39–18,5)
Средняя тайга (ХМАО: Октябрьский, Кондинский, Ханты-Мансийский районы) / Middle taiga (Khanty-Mansi Autonomous Okrug: Oktyabrsky, Kondinsky, and Khanty-Mansiysky districts)			
Количество клещей / Number of ticks		–	198
год / year	2004	–	129
	2008	–	69
Гендерная структура / Sex distribution	Самки / Females	–	91 / 46,0% (38,87–53,17)
	Самцы / Males	–	38 / 19,2% (13,95–25,38)
	Нет данных / No data	–	69 / 34,8% (28,23–41,93)
Генетические маркеры / Genetic markers	КЗ / TBE	–	198 / 14 / 7,1% (3,92–11,58)
	ИКБ / ITBB	–	198 / 92 / 46,5% (39,36–53,67)
	МЗЧ / HME	–	198 / 31 / 15,7% (10,89–21,48)
	ГАЧ / HGA	–	198 / 2 / 1,0% (0,12–3,6)

2408 особей. В 2015 г. выявлены 2 клеща вида *D. reticulatus*. На территориях Ханты-Мансийского автономного округа, относящихся к зоне средней тайги, в 2004 и 2008 гг. были обнаружены только клещи вида *I. persulcatus* (198).

Анализ гендерной структуры иксодовых клещей, включенных в исследование, показал достоверные различия ($p < 0,001$). Самки преобладали у *I. persulcatus* (61,8 % против 53,9 %), а самцы – у луговых (46,1 % против 38,2 %). Годовая динамика гендерной структуры клещей характеризовалась неоднородным соотношением самцов и самок. За весь период наблюдения удельный вес самок *I. persulcatus* колебался от 46,2 % до 84,5 %, самок *D. reticulatus* от 36,5 % до 100 %.

В подзоне северной лесостепи соотношение самцов и самок у *I. persulcatus* и *D. reticulatus* было одинаковым. Среди *I. persulcatus* выявлено 63,9 % (95 % ДИ: 53,54–73,42) самок и 36,1 % (95 % ДИ: 26,58–46,46) самцов, у *D. reticulatus* – 71,6 % (95 % ДИ: 59,31–81,99) самок и 28,4 % (95 % ДИ: 18,01–40,69) самцов, однако различия между видами по гендерной структуре отсутствовали ($p = 0,316$). Анализ гендерной структуры клещей, собранных на территориях подтайги, также не выявил статистически значимых различий ($p = 0,121$). Удельный вес среди *D. reticulatus* самок составил 32,8 % (95 % ДИ: 26,1–40,05), самцов – 67,2 % (95 % ДИ: 59,95–73,9) против 47,1 % (95 % ДИ: 29,78–64,87) самок и 52,9 % (95 % ДИ: 35,13–70,22) самцов *I. persulcatus*.

Общее исследование распространенности в клещах генетических маркеров возбудителей КЭ, ИКБ, МЭЧ и ГАЧ показало, что ДНК ИКБ выявлялась в 56,0 % случаев, что достоверно чаще по сравнению с возбудителями других инфекций: ДНК эрлихий – в 15,7 % случаев, ДНК анаплазм – в 13,7 % случаев, РНК вируса КЭ – в 5,7 % случаев ($p < 0,001$). У *I. persulcatus*, собранных в подзоне северной лесостепи, чаще выявляли маркеры МЭЧ – 27,8 % (95 % ДИ: 19,21–37,86) и ИКБ – 26,8 % (95 % ДИ: 18,32–36,76) случаев, редко ГАЧ – 4,1 % (95 % ДИ: 1,13–10,22) случаев. Маркеры КЭ на территориях подзоны не выявлены. У *D. reticulatus*, собранных в г. Тюмени, обнаружена ДНК боррелий в 16 особях (1,8 % (95 % ДИ: 1,02–2,87) и ДНК анаплазм в 4 особях (0,4 % (95 % ДИ: 0,12–1,14)). РНК вируса КЭ и ДНК возбудителей МЭЧ не обнаружено. В Нижне-Тавдинском и Уватском районах (подзона южной тайги) у *I. persulcatus* обнаружены ДНК ИКБ – в 59,5 % (95 % ДИ: 56,81–62,16) случаев, РНК КЭ – в 5,9 % (95 % ДИ: 4,66–7,26), ДНК МЭЧ – в 14,6 % (95 % ДИ: 12,7–16,63), ГАЧ – в 16,4 % (95 % ДИ: 14,39–18,5). У собранных в ландшафтной зоне средней тайги *I. persulcatus* чаще выявляли ДНК ИКБ – в 46,5 % (95 % ДИ: 39,36–53,67) случаев, ДНК МЭЧ – в 15,7 % (95 % ДИ: 10,89–21,48), РНК КЭ – в 7,1 % (95 % ДИ: 3,92–11,58), редко ДНК ГАЧ – в 1,0 % (95 % ДИ: 0,12–3,6).

Дальнейший анализ структуры генетических маркеров у клещей в зависимости от их пола показал, что достоверно чаще у самок *I. persulcatus*, по сравнению с самцами, обнаружено ДНК МЭЧ

(18,1 и 9,8 % соответственно) ($p < 0,001$). По всем остальным патогенам уровни инфицированности самок и самок оказались сопоставимыми.

Обсуждение. Усиливающаяся антропогенная нагрузка на природные ландшафты и изменение климата обуславливают повышение риска укуса клещами и заражения вирусными и бактериальными инфекциями, что подтверждается высокими показателями заболеваемости на территориях распространения иксодовых клещей [12]. В целом на обследованных территориях четырех ландшафтных подзон, включающих урбанизированные и парковые территории г. Тюмени, среди исследуемых клещей установлено, что самки преобладали в сборах с растительности клещей вида *I. persulcatus* (61,8 %), так как взрослая самка является основной стадией *I. persulcatus*, нападающей на людей [13, 14].

Мониторинг распространенности генетических маркеров возбудителей трансмиссивных болезней, передаваемых клещами, чаще выявлял РНК/ДНК возбудителей у таежных клещей по сравнению с луговыми. В клещах, включенных в исследование, ДНК ИКБ выявлялась в 56,0 % случаев, ДНК МЭЧ в 15,7 %, ДНК ГАЧ в 13,7 % случаев, реже РНК вируса КЭ – в 5,7 % случаев. Дальнейший анализ выявил различия в структуре возбудителей заболеваний в зависимости от территории обитания таежных клещей. В подзоне северной лесостепи у *I. persulcatus* выявили маркеры МЭЧ в 27,8 % и ИКБ – 26,8 % случаев. У клещей, обитающих в подзоне южной тайги, обнаружены ДНК ИКБ в 59,5 % случаев, РНК КЭ в 5,9 % случаев, ДНК МЭЧ и ГАЧ в 14,6 и 16,4 % случаев соответственно. У собранных в ландшафтной зоне средней тайги чаще выявляли ДНК ИКБ – в 46,5 % случаев, ДНК МЭЧ – в 15,7 % случаев, РНК КЭ – в 7,1 % случаев. Различия в частоте обнаружения возбудителей трансмиссивных инфекций, выявленные на различных территориях, вероятно, связаны с рядом факторов [15–19]. Предположительно, одним из факторов является различная частота инфицирования патогенами хозяев, таких как мелкие грызуны или птицы [20]. Другие авторы предполагают, что разная частота инфицированности клещей зависит от численности и распределения свободно живущих животных и изменений климата [21]. В другом исследовании оценено влияние температуры и влажности, климатических условий и степень загрязнения окружающей среды [22].

На урбанизированных и парковых территориях г. Тюмени преимущественно встречались клещи вида *D. reticulatus*. Однако с 2015 г. стали обнаруживаться единичные особи *I. persulcatus*. Самки среди *D. reticulatus* преобладали – 41,4 % против 34,9 % самцов. При проведении молекулярно-генетических исследований образцов обнаружена ДНК боррелий в 1,8 % и ДНК анаплазм в 0,4 % случаев, что, по данным Ястребова и соавт. подтверждает низкий риск заражения в очагах урбанизированных территорий [8].

Заключение. Многолетнее исследование иксодовых клещей, собранных в природных и урбанизированных территориях Тюменской области

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73>
Original Research Article

и ХМАО в ландшафтных зонах северной лесостепи, подтайги, средней и южной тайги, показало особенности видовой и половой структуры сообществ, а также распространенность генетических маркеров возбудителей трансмиссивных инфекций. Возможность одновременного инфицирования клеща возбудителями вирусной и бактериальной этиологии приводит к возникновению сочетанных природных очагов КЭ, ИКБ, КР, МЭЧ, ГАЧ, что в свою очередь служит причиной микст-патологии у людей. Полученные данные показывают ведущую роль таежных клещей в поддержании эпидемической активности природных очагов и необходимость продолжения мониторинга. Увеличение распространенности генетических маркеров в популяции клещей свидетельствует о возрастании эпидемической опасности заражения людей клещевыми инфекциями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малхазова С.М., Шартова Н.В., Зелихина С.В., Орлов Д.С. Анализ пространственной неоднородности в распространении клещевых инфекций на юге Дальнего Востока // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2023. Т. 78. № 2. С. 51–61. doi: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.5
2. Толмачёва М.И., Никитин А.Я., Андаев Е.И., Чумаченко И.Г. Динамика эпидемического процесса клещевого вирусного энцефалита на территории Иркутской области в 2001–2021 гг. // Проблемы особо опасных инфекций. 2023. № 3. С. 123–131. doi: 10.21055/0370-1069-2023-3-123-131
3. Ветошкина У.В., Семушина О.П., Леонтьева О.Ю., Соколова О.В. Клещевой вирусный энцефалит на территории Архангельской области в период пандемии COVID-19 // Журнал медико-биологических исследований. 2023. Т. 11. № 1. С. 63–73. doi: 10.37482/2687-1491-Z129
4. Ефимик Е.В., Телегина А.А. К изучению иксодовых клещей Большесосновского муниципального округа Пермского края // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2024. Вып. 3. С. 269–277. doi: 10.17072/1994-9952-2024-3-269-277
5. Колясникова Н.М., Топоркова М.Г., Санчес-Пиментель Ж.П. и др. Этиологическая структура и клинико-эпидемиологическая характеристика инфекций, передающихся иксодовыми клещами в Свердловской области на современном этапе // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2023. Т. 2. № 1. С. 38–58. doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-38-58
6. Estrada-Peña A, Jongejan F. Ticks feeding on humans: A review of records on human-biting Ixodoidea with special reference to pathogen transmission. *Exp Appl Acarol*. 1999;23(9):685-715. doi: 10.1023/a:1006241108739
7. Тупота Н.Л., Терновой В.А., Пономарева Е.П. и др. Выявление генетического материала вирусов Tacheng ukuvirus и Sara tick phlebovirus в таежных клещах Свердловской, Томской областей и Приморского края России и их филогения // Проблемы особо опасных инфекций. 2023. № 3. С. 141–146. doi: 10.21055/0370-1069-2023-3-141-146
8. Ястребов В.К., Хазова Т.Г. Оптимизация системы эпидемиологического надзора и профилактики клещевого вирусного энцефалита // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2012. № 1. С. 19–24.
9. Воронкова О.В., Романенко В.Н., Симакова А.В. и др. Анализ множественной инфицированности иксодовых клещей *Dermacentor reticulatus* в сочетании природном очаге трансмиссивных инфекций в Томской области // Проблемы особо опасных инфекций. 2023. № 2. С. 106–111. doi: 10.21055/0370-1069-2023-2-106-111
10. Андаев Е.И., Никитин А.Я., Толмачёва М.И. и др. Эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в Российской Федерации за 2015–2024 гг. и краткосрочный прогноз заболеваемости на 2025 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2025. № 1. С. 6–17. doi: 10.21055/0370-1069-2025-1-6-17
11. Савельев Д.А., Блох А.И., Рудаков Н.В. Совершенствование методологических подходов к выбору стратегии и тактики профилактики клещевых трансмиссивных инфекций на основе риск-ориентированной дифференциации территорий на муниципальном уровне // Проблемы особо опасных инфекций. 2025. № 2. С. 160–166. doi: 10.21055/0370-1069-2025-2-160-166. EDN LODLZI.
12. Волчев Е.Г., Зотов С.И. Влияние антропогенных факторов на активность клещей семейства Ixodidae: история исследований в России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 2024. № 2. С. 68–84. doi: 10.5922/vestniknat-2024-2-5
13. Сироткин М.Б. Условия возможного расширения ареалов основных переносчиков иксодовых клещевых боррелиозов и клещевого энцефалита (на примере Магаданской области и Норвегии) // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 3. С. 66–72. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-3-66-72
14. Jánzén T, Choudhury F, Hammer M, Petersson M, Dinnézt P. Ticks – public health risks in urban green spaces. *BMC Public Health*. 2024;24(1):1031. doi: 10.1186/s12889-024-18540-8
15. Tappe J, Jordan D, Janecek E, Fingerle V, Strube C. Revisited: *Borrelia burgdorferi* sensu lato infections in hard ticks (*Ixodes ricinus*) in the city of Hanover (Germany). *Parasit Vectors*. 2014;7:441. doi: 10.1186/1756-3305-7-441
16. Pawełczyk A, Bednarska M, Hamera A, et al. Long-term study of *Borrelia* and *Babesia* prevalence and co-infection in *Ixodes ricinus* and *Dermacentor reticulatus* ticks removed from humans in Poland, 2016–2019. *Parasit Vectors*. 2021;14(1):348. doi: 10.1186/s13071-021-04849-5
17. Sormunen JJ, Kulha N, Klemola T, Mäkelä S, Vesilahti EM, Vesterinen EJ. Enhanced threat of tick-borne infections within cities? Assessing public health risks due to ticks in urban green spaces in Helsinki, Finland. *Zoonoses Public Health*. 2020;67(7):823-839. doi: 10.1111/zph.12767
18. Buczek A, Ciura D, Bartosik K, Zajac Z, Kulisz J. Threat of attacks of *Ixodes ricinus* ticks (Ixodida: Ixodidae) and Lyme borreliosis within urban heat islands in south-western Poland. *Parasit Vectors*. 2014;7:562. doi: 10.1186/s13071-014-0562-y
19. Kohn M, Krücken J, McKay-Demeler J, Pachnicke S, Krieger K, von Samson-Himmelstjerna G. *Dermacentor reticulatus* in Berlin/Brandenburg (Germany): Activity patterns and associated pathogens. *Ticks Tick Borne Dis*. 2019;10(1):191-206. doi: 10.1016/j.ttbdis.2018.10.003
20. Audino T, Pautasso A, Bellavia V, et al. Ticks infesting humans and associated pathogens: A cross-sectional study in a 3-year period (2017–2019) in northwest Italy. *Parasit Vectors*. 2021;14(1):136. doi: 10.1186/s13071-021-04603-x
21. Jumpertz M, Sevestre J, Luciani L, Houhamdi L, Fournier PE, Parola P. Bacterial agents detected in 418 ticks removed from humans during 2014–2021, France. *Emerg Infect Dis*. 2023;29(4):701-710. doi: 10.3201/eid2904.221572

22. Wilhelmsson P, Lindblom P, Fryland L, Ernerudh J, Forsberg P, Lindgren PE. Prevalence, diversity, and load of *Borrelia* species in ticks that have fed on humans in regions of Sweden and Åland Islands, Finland with different Lyme borreliosis incidences. *PLoS One*. 2013;8(11):e81433. doi: 10.1371/journal.pone.0081433

REFERENCES

- Malkhazova SM, Shatrova NV, Zelikhina SV, Orlov DS. Spatially heterogeneous distribution of tick-borne infections in the south of the Far East. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 2023;78(2):51-61. (In Russ.) doi: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.5
- Tolmacheva MI, Nikitin AY, Andaev EI, Chumachenko IG. Dynamics of the epidemic process of tick-borne encephalitis in Irkutsk Region in 2001–2021. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2023;(3):123-131. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2023-3-123-131
- Vetoshkina UV, Semushina OP, Leont'eva OYu, Sokolova OV. Tick-borne viral encephalitis in the Arkhangelsk Region during the COVID-19 pandemic. *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2023;11(1):63-73. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z129
- Efimik VE, Telegina AA. To the study of ixodid ticks of the Bolshesosnovsky municipal district of the Perm Krai. *Vestnik Permskogo Universiteta. Seriya: Biologiya*. 2024;(3):269-277. (In Russ.) doi: 10.17072/1994-9952-2024-3-269-277
- Kolyasnikova NM, Toporkova MG, Sanchez-Pimentel JP, et al. Etiological structure, clinical and epidemiological characteristics of infections transmitted by ixodic ticks in the Sverdlovsk region at the present stage. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2023;22(1):38-58. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-38-58
- Estrada-Peña A, Jongejan F. Ticks feeding on humans: A review of records on human-biting Ixodoidea with special reference to pathogen transmission. *Exp Appl Acarol*. 1999;23(9):685-715. doi: 10.1023/a:1006241108739
- Tupota NL, Ternovoi VA, Ponomareva EP, et al. Detection of the genetic material of the viruses Tacheng uukuvirus and Sara tick phlebovirus in taiga ticks collected in the Sverdlovsk, Tomsk Regions and Primorsky Territory of Russia and their phylogeny. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2023;(3):141-146. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2023-3-141-146
- Yastrebov VK, Khazova TG. The optimization of the system of epidemiological surveillance and prophylactic of the tick-borne viral encephalitis. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2012;(1(62)):19-24. (In Russ.)
- Voronkova OV, Romanenko VN, Simakova AV, et al. Analysis of multiple infection in ixodic ticks *Dermacentor reticulatus* in a combined natural focus of vector-borne infections in the Tomsk Region. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2023;(2):106-111. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2023-2-106-111
- Andaev EI, Nikitin AY, Tolmacheva MI, et al. Epidemiological situation on tick-borne viral encephalitis in the Russian Federation over the period of 2015–2024 and short-term incidence forecast for 2025. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2025;(1):6-17. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2025-1-6-17
- Saveliev DA, Blokh AI, Rudakov NV. Improving methodological approaches to choosing strategies and tactics for the prevention of tick-borne infections based

- on risk-oriented differentiation of territories at the municipal level. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2025;(2):160-166. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2025-2-160-166
- Volchev EG, Zotov SI. Influence of anthropogenic factors on the activity of ticks of the family Ixodidae: History of research in Russia. *Vestnik Baltiyskogo Federal'nogo Universiteta im. I. Kanta. Seriya Estestvennye i Meditsinskie Nauki*. 2024;(2):68-84. (In Russ.) doi: 10.5922/vestniknat-2024-2-5
- Sirotkin MB. Conditions for the potential northward expansion of ranges of the main vectors of Lyme disease and tick-borne encephalitis (based on the example of the Magadan Region and Norway). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(3):66-72. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-3-66-72
- Janzén T, Choudhury F, Hammer M, Petersson M, Dinnézt P. Ticks – public health risks in urban green spaces. *BMC Public Health*. 2024;24(1):1031. doi: 10.1186/s12889-024-18540-8
- Tappe J, Jordan D, Janacek E, Fingerle V, Strube C. Revisited: *Borrelia burgdorferi* sensu lato infections in hard ticks (*Ixodes ricinus*) in the city of Hanover (Germany). *Parasit Vectors*. 2014;7:441. doi: 10.1186/1756-3305-7-441
- Pawelczyk A, Bednarska M, Hamera A, et al. Long-term study of *Borrelia* and *Babesia* prevalence and co-infection in *Ixodes ricinus* and *Dermacentor reticulatus* ticks removed from humans in Poland, 2016–2019. *Parasit Vectors*. 2021;14(1):348. doi: 10.1186/s13071-021-04849-5
- Sormunen JJ, Kulha N, Klemola T, Mäkelä S, Vesilähti EM, Vesterinen EJ. Enhanced threat of tick-borne infections within cities? Assessing public health risks due to ticks in urban green spaces in Helsinki, Finland. *Zoonoses Public Health*. 2020;67(7):823-839. doi: 10.1111/zph.12767
- Buczek A, Ciura D, Bartosik K, Zajac Z, Kulisz J. Threat of attacks of *Ixodes ricinus* ticks (Ixodida: Ixodidae) and Lyme borreliosis within urban heat islands in south-western Poland. *Parasit Vectors*. 2014;7:562. doi: 10.1186/s13071-014-0562-y
- Kohn M, Krücken J, McKay-Demeler J, Pachnicke S, Krieger K, von Samson-Himmelstjerna G. *Dermacentor reticulatus* in Berlin/Brandenburg (Germany): Activity patterns and associated pathogens. *Ticks Tick Borne Dis*. 2019;10(1):191-206. doi: 10.1016/j.ttbdis.2018.10.003
- Audino T, Pautasso A, Bellavia V, et al. Ticks infesting humans and associated pathogens: A cross-sectional study in a 3-year period (2017–2019) in northwest Italy. *Parasit Vectors*. 2021;14(1):136. doi: 10.1186/s13071-021-04603-x
- Jumpertz M, Sevestre J, Luciani L, Houhamdi L, Fournier PE, Parola P. Bacterial agents detected in 418 ticks removed from humans during 2014–2021, France. *Emerg Infect Dis*. 2023;29(4):701-710. doi: 10.3201/eid2904.221572
- Wilhelmsson P, Lindblom P, Fryland L, Ernerudh J, Forsberg P, Lindgren PE. Prevalence, diversity, and load of *Borrelia* species in ticks that have fed on humans in regions of Sweden and Åland Islands, Finland with different Lyme borreliosis incidences. *PLoS One*. 2013;8(11):e81433. doi: 10.1371/journal.pone.0081433

Сведения об авторах:

Степанова Ксения Борисовна – к.м.н., директор; e-mail: StepanovaKB@tntiikp.rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5420-0919>.

Степанова Татьяна Федоровна – д.м.н., профессор, г.н.с.; e-mail: stepanovaf@tntiikp.rosпотребнадзор.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6289-6274>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-66-73>
Original Research Article

✉ **Ребещенко** Анна Петровна – врач-эпидемиолог лаборатории эпидемиологического анализа и математического моделирования; e-mail: annarebeshenko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-2718>.

Бакштановская Ирина Владимировна – к.б.н., ученый секретарь; e-mail: BakshtanovskayaIV@Tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1365-7741>.

Кротов Сергей Андреевич – младший научный сотрудник лаборатории экологического мониторинга природно-очаговых паразитозов; e-mail: krotovsa@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6553-3305>.

Плышевский Георгий Валентинович – биолог; e-mail: PlyshevskijGV@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6101-2764>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Степанова К.Б., Степанова Т.Ф.*; сбор данных: *Кротов С.А., Плышевский Г.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Ребещенко А.П.*; литературный обзор: *Бакштановская И.В.*; подготовка рукописи: *Степанова Т.Ф., Ребещенко А.П.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.06.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликована: 31.10.25

Author information:

Kseniya B. **Stepanova**, Cand. Sci. (Med.), Director; e-mail: StepanovaKB@Tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5420-0919>.

Tatyana F. **Stepanova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher; e-mail: stepanovtf@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6289-6274>.

✉ Anna P. **Rebeshchenko**, Epidemiologist, Laboratory of Epidemiological Analysis and Mathematical Modeling; e-mail: annarebeshenko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-2718>.

Irina V. **Bakshtanovskaya**, Cand. Sci. (Biol.), Scientific Secretary; e-mail: BakshtanovskayaIV@Tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1365-7741>.

Sergei A. **Krotov**, Junior Researcher, Environmental Monitoring Laboratory of Natural Focal Parasitoses; e-mail: krotovsa@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6553-3305>.

Georgy V. **Plyshevskij**, Biologist; e-mail: PlyshevskijGV@tniikip.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6101-2764>.

Author contributions: study conception and design: *Stepanova K.B., Stepanova T.F.*; data collection: *Krotov S.A., Plyshevskij G.V.*; analysis and interpretation of results: *Rebeshchenko A.P.*; bibliography compilation and referencing: *Bakshtanovskaya I.V.*; draft manuscript preparation: *Stepanova T.F., Rebeshchenko A.P.* 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: June 13, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Трансформация вегетативного фенотипа *Salmonella* Enteritidis в дормантный под действием морской воды

М.П. Бынина¹, А.А. Яковлев^{1,2}, И.Д. Макаренкова¹, А.С. Соловьёва¹, Ю.Н. Показеева^{1,2}, М.Ф. Трофимова¹, В.А. Лубова¹, А.А. Белик¹, Ю.А. Белов^{1,3}, Т.С. Запорожец¹, С.П. Крыжановский⁴, М.Ю. Щелканов^{1,3}

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, ул. Сельская, д. 1, г. Владивосток, 690087, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Тихоокеанский медицинский университет» Минздрава России, пр. Острякова, д. 2, г. Владивосток, 690002, Российская Федерация

³ ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», о. Русский, п. Аякс, д. 10, г. Владивосток, 690922, Российская Федерация

⁴ Медицинское объединение Дальневосточного отделения Российской академии наук, ул. Кирова, д. 95, г. Владивосток, 690022, Российская Федерация

Резюме

Введение. Под действием сублетальных стрессовых нагрузок неспорообразующие бактерии (в том числе *Salmonella* spp.) способны формировать дормантные клеточные фенотипы, которые не растут на традиционных дифференциально-диагностических средах.

Цель исследования: изучить возможность смены фенотипа *Salmonella* Enteritidis с вегетативного на дормантный под действием морской воды.

Материалы и методы. Штамм *Salmonella* Enteritidis / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390 / 2024 (38,0 : 1,4) (VGARus ID prim001916) на протяжении 40 сут. параллельно инкубировался в стерильном физиологическом растворе и стерилизованной морской воде для выяснения возможности трансформации вегетативного фенотипа в дормантный. Реверсию дормантного фенотипа к вегетативному осуществляли путем алиментарного заражения лабораторных мышей, предварительно аттестованных на отсутствие сальмонеллезной инфекции. Помимо стандартных бактериологических методов в работе использованы плазмидомный анализ, полимеразная цепная реакция для индикации ДНК сальмонелл в режиме реального времени и полногеномное NGS-секвенирование.

Результаты. Показано, что длительная инкубация в морской воде запускает механизм трансформации вегетативного фенотипа *S. Enteritidis* в дормантный. Вместе с тем аналогичная инкубация *S. Enteritidis* в физиологическом растворе такую трансформацию не вызывает, и бактериальные клетки естественным образом погибают в отсутствие питательных веществ, однако оставшиеся в культуре жизнеспособные клетки не превращаются в дормантные. Реверсия к вегетативному фенотипу происходит после пассирования дормантной формы в перорально инокулированных лабораторных мышах. Идентичность геномов штаммов в дормантном состоянии, использованном для алиментарного заражения мышей, и в вегетативном состоянии, получаемом после пассирования, подтверждается 99,8% совпадением контигов в результате NGS-секвенирования.

Заключение. Стерилизованная морская вода как абиотический фактор способна запускать механизм трансформации вегетативного фенотипа *S. Enteritidis* в дормантный. Это требует детализировать гигиенические требования к зонам рекреации морских побережий в части разработки методов индикации патогенных бактерий с дормантным фенотипом.

Ключевые слова: *Salmonella* Enteritidis, вегетативный фенотип, культивируемая форма, дормантный фенотип, некультивируемая форма, морская вода.

Для цитирования: Бынина М.П., Яковлев А.А., Макаренкова И.Д., Соловьёва А.С., Показеева Ю.Н., Трофимова М.Ф., Лубова В.А., Белик А.А., Белов Ю.А., Запорожец Т.С., Крыжановский С.П., Щелканов М.Ю. Трансформация вегетативного фенотипа *Salmonella* Enteritidis в дормантный под действием морской воды // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 74–83. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83

Seawater-Induced Vegetative to Dormant Phenotype Transformation of *Salmonella* Enteritidis

Marina P. Bynina,¹ Anatoly A. Yakovlev,^{1,2} Ilona D. Makarenkova,¹ Alina S. Solovyeva,¹ Julia N. Pokazeeva,^{1,2} Maria F. Trofimova,¹ Valeria A. Lubova,¹ Alexey A. Belik,¹ Iurii A. Belov,^{1,3} Tatyana S. Zaporozhets,¹ Sergey P. Kryzhanovskiy,⁴ Mikhail Yu. Shchelkanov^{1,3}

¹ G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology, 1 Selskaya Street, Vladivostok, 690087, Russian Federation

² Pacific Medical University, 2 Ostryakov Avenue, Vladivostok, 690002, Russian Federation

³ Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russian Federation

⁴ Medical Unit of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 95 Kirov Street, Vladivostok, 690022, Russian Federation

Summary

Introduction: Under the influence of sublethal stress, non-spore-forming bacteria (including *Salmonella* spp.) are able to form dormant cellular phenotypes that do not grow on traditional differential diagnostic media.

Objective: To study the possibility of *Salmonella* Enteritidis changing the phenotype from vegetative to dormant upon seawater exposure.

Materials and Methods: *Salmonella* Enteritidis / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390 / 2024 (38.0 : 1.4) strain (VGARus ID prim001916) was incubated for 40 days in parallel in sterile saline solution and sterilized seawater to establish the possibility of transforming the vegetative phenotype into a dormant one. The reversal of the dormant phenotype to the vegetative one was carried out by alimentary infestation of laboratory mice previously verified for the absence of

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83>
Original Research Article

Salmonella infection. In addition to standard bacteriological methods, we used plasmidomic analysis, real-time polymerase chain reaction for DNA detection of Salmonella, and genome-wide next-generation sequencing (NGS).

Results: We found that long-term incubation in seawater triggered the mechanism of transformation of the vegetative phenotype of *S. Enteritidis* into a dormant one. Similar incubation of *S. Enteritidis* but in saline solution did not cause such a transformation, bacterial cells naturally died in the absence of nutrients, but the remaining viable cells did not become dormant. Reversion to the vegetative phenotype occurred after passage of the dormant form in orally inoculated laboratory mice. The identity of the genomes of the strains in the dormant state used for alimentary infestation of the mice and in the vegetative state obtained after passage was confirmed by a 99.8 % NGS contig match.

Conclusions: As an abiotic factor, sterilized seawater can trigger the mechanism of *S. Enteritidis* vegetative to dormant phenotype transformation. This requires detailing of hygienic requirements for recreational areas of seacoasts in terms of developing methods for detection of pathogenic bacteria with a dormant phenotype.

Keywords: *Salmonella* Enteritidis, vegetative phenotype, cultivated form, dormant phenotype, uncultivated form, seawater.

Cite as: Bynina MP, Yakovlev AA, Makarenkova ID, Solovyeva AS, Pokazeeva JN, Trofimova MF, Lubova VA, Belik AA, Belov IA, Zaporozhets TS, Kryzhanovsky SP, Mikhail Yu. Shchelkanov MYu. Seawater-induced vegetative to dormant phenotype transformation of *Salmonella* Enteritidis. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):74–83. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83

Введение. Морские экосистемы включают в себя гигантское разнообразие патогенных микроорганизмов [1–3]. По-видимому, Мировой океан является крупнейшим природным резервуаром возбудителей инфекционных заболеваний (в том числе с эпидемическим и пандемическим потенциалом) или их непосредственных предшественников [2, 4], подавляющее большинство которых до сих пор еще не идентифицированы.

Риск заражения людей возбудителями инфекционных заболеваний, связанный с морской водой, является актуальной проблемой для мирового здравоохранения. Согласно данным научной литературы [1, 5, 6], основными таксонами бактерий (*Bacteria*), изолируемыми в прибрежных акваториях, являются: *Escherichia* spp., *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Vibrio* spp. (включая особо опасную *V. cholerae*), а наиболее значимыми проявлениями заболеваемости людей на морском побережье являются гастроэнтерит, повреждение кожи, кашель, конъюнктивит или наружный отит. Только в 2003 г. около 120 млн человек заболели гастроэнтеритом, а у 50 млн развилась тяжелая респираторная инфекция после нахождения в морской воде [1].

Основными источниками биологического загрязнения морских прибрежных вод являются бытовые сточные воды, в которых содержатся фекалии, пищевые и производственные отходы, что требует постоянного контроля в соответствии с действующими санитарными нормами¹.

Уникальным свойством бактерий является их фенотипическая пластичность, благодаря которой под влиянием сублетальных стрессовых нагрузок они реализуют различные адаптационные стратегии, сохраняющие их жизнеспособность (и патогенный потенциал – при его наличии). Некоторые грамположительные бактерии достигают этого за счет образования спор, тогда как большинство грамотрицательных микроорганизмов формируют dormantные клеточные фенотипы, характеризующиеся

низкой метаболической активностью, отсутствием репродуктивности, медленной транскрипцией генов, при сохранении дыхания и целостности мембран. Dormantные клеточные фенотипы, в отличие от своих вегетативных предшественников, обладают чрезвычайно высокой физической и химической стойкостью и не растут на традиционных дифференциально-диагностических средах, что существенно затрудняет их идентификацию [7–9].

Опасность dormantных форм возбудителей кишечных инфекций заключается в том, что при стандартных методах индикации² они не выявляются, но при попадании в организм потенциального хозяина способны реверсировать к вегетативному фенотипу и вызывать инфекционные заболевания. Отдельное направление исследований составляет возможность включения и длительного резервирования dormantных форм бактерий в состав биологических пленок [10–13].

Цель исследования – изучить возможность смены фенотипа *Salmonella* Enteritidis с вегетативного на dormantный под действием морской воды: стерилизованной, как абиотического фактора, без учета популяционных взаимодействий микробиоты.

Материалы и методы

Штамм *Salmonella* Enteritidis / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390 / 2024 (VGARus ID prim001916), содержащий 2 плазмиды с молекулярными массами 38,0 МДа и 1,4 МДа, был получен из коллекции патогенных микроорганизмов НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова РГН [6, 8].

Дифференциально-диагностические среды для культивирования сальмонелл, использованные в данной работе: висмут-сульфит агар, или среда Вильсона – Блэра; агар Эндо на основе гидролизата рыбной муки (Эндо-ГРМ); среда Плоскирева [14].

Концентрацию бактериальных клеток в первом приближении, определяли с использованием стандартов мутности ГИСК им. Л.А. Тарасевича 10⁹, 10⁶, 10³ кл./мл [15]. Концентрацию доводили добавлением физиологического раствора до ближайшей из

¹ СанПиН 2.1.5.2582–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 27.02.2010 № 15. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 19 с.

² СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территории городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 23.04.2025).

указанных стандартных концентраций, после чего при необходимости разводили до нужного значения. Окончательную концентрацию бактерий (C) определяли с помощью камеры Горяева, подсчитывая число клеток (N) в K больших квадратах [16]:

$$C = \frac{N}{4K} \cdot 10^6 \text{ кл./мл} \quad (1)$$

Уровень жизнеспособности бактериальной культуры (V) определяли с помощью подсчета числа живых (N_v) и мертвых (N_m) клеток в камере Горяева после окраски трипановым синим (исключающим витальным красителем) – живые клетки выглядят белесыми, а погибшие – синими:

$$V = \frac{N_v}{N_v + N_m} \cdot 100 \% \quad (2)$$

С этой целью смешивали равные объемы точной взвеси и 0,1 % трипанового синего в физиологическом растворе, после чего небольшую каплю смеси (1–2 мкл) наслаивали на сетчатую часть счетной камеры.

Серологическая идентификация штаммов сальмонелл осуществлялась с использованием диагностической панели сывороток для реакции агглютинации: «Сыворотка диагностическая сальмонеллезная сухая О-поливалентная основных серологических групп (A, B, C, D, E)», «Сыворотка диагностическая сальмонеллезная сухая О-поливалентная редких серологических групп», «Сыворотки диагностические сальмонеллезные, О типовые» и «Сыворотки диагностические сальмонеллезные, H типовые» [17].

Индикация ДНК сальмонелл проводилась методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуоресцентной детекцией продуктов амплификации в режиме реального времени с использованием коммерческой тест-системы «АмплиСенс® Salmonella spp.-FL» в соответствии с рекомендациями производителя на детектирующем амплификаторе «ДТ-прайм 5М1».

Плазмидный анализ сальмонелл проводили методом щелочного лизиса по S.I. Kado и S.-T. Liu (1981): одна груженная бактериологическая петля суспензировалась в 20 мкл трис-боратного буфера (см. далее); к полученной суспензии добавляли 230 мкл лизирующей смеси (Tris 60 мг, дистиллированная вода 6,9 мл, 10 N NaOH 32 мкл, 10 % раствор додецилсульфата натрия (SDS) 3 мл, pH 12,6) и прогревали 65 °C × 80 мин; экстракцию белков проводили в 250 мкл смеси (1 : 1) фенол-хлороформа. После центрифугирования 15 000 об/мин × 10 мин 50 мкл супернатанта, содержащего плазмидную ДНК, смешивали с 5 мкл бромфенолового синего и вносили в лунку 0,7 % агарозного геля. Электрофорез для разделения плазмид проводили в трис-боратном буфере (0,089 M Tris, 0,089 M борной кислоты, 0,05 M ЭДТА, pH 8,0) в течение 2,5–3,0 ч при 10 В/см [18]. Визуализацию плазмидной ДНК после проведения электрофореза осуществляли путем окрашивания геля бромистым этидием (0,5 мкг/мл, 20 мин) и фиксировали результат при помощи гель-документирующей системы GenaPath и программного обеспечения Quantity One ver. 4.5.2.

Определение молекулярной массы исследуемых плазмид проводили в сравнении с подвижностью набора известных плазмид (pVM82 82,0 МДа, pSEV 38,0 МДа, Sa 26,0 МДа, pCT105 7,5 МДа, pBR322 2,8 МДа, pJ 1,4 МДа), используя компьютерную программу «Restriction fragment sizing program».

Секвенирование полноразмерного генома сальмонелл осуществлялось с использованием NGS-технологии. Выделение ДНК проводили с помощью набора HiPure Bacterial DNA Kit (Magen, Китай), после чего содержание ДНК верифицировали электрофорезом в 1 % агарозном геле и измерением конечной концентрации на флуориметре Qubit 4 с использованием набора Qubit dsDNA HS. Подготовку библиотек осуществляли ферментативным методом, включавшим фрагментацию, репарацию концов и лигирование адаптеров с использованием набора NadPrep EZ DNA Library Preparation Module v2 и универсальных адаптеров типа MDI для библиотек MGI. Последующую циркуляризацию библиотек с двойными адаптерами проводили с использованием набора NadPrep Universal Circularization Kit v2 согласно рекомендациям производителя. Секвенирование осуществляли на NGS-секвенаторе DNBSEQ-G50 с использованием проточной ячейки и картриджа High-throughput Sequencing Set 150 G в режиме одноконцевых прочтений длиной 150 п.н. Биоинформационную обработку полученных данных проводили на платформе MegaBOLT Bioinformatics Analysis Accelerator Series.

Сравнительный анализ гомологии полноразмерных геномов сальмонелл после NGS-секвенирования проводили с использованием соответствующих наборов контигов (и с учетом нуклеотидных последовательностей плазмид – при их наличии) с помощью программы FastANI, которая оценивает частоту совпадения уникальных коротких k-меров [19].

Морская вода отбиралась стерильным шприцем Жане 200 см³ при температуре +4–6 °C на глубине 0,5 м на расстоянии 1,5 км от берега в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.02-80 «Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов». Перед использованием в эксперименте морская вода проходила стерилизацию в паровом стерилизаторе ВК-75 1,0 атм × 120 °C × 30 мин. Верификация стерильности осуществлялась с использованием питательного ГРМ-агара и дифференциально-диагностических сред для культивирования сальмонелл.

Концентрирование бактерий из образцов воды (из 200 мл в 3 повторах) проводили путем фильтрации с использованием форвакуумного насоса через стерильные нитрат-целлюлозные мембранные фильтры с диаметром пор 0,2 мкм. После окончания фильтрации мембраны помещали в 50 мл пробирки, содержащие 30 мл стерильного физиологического раствора, и интенсивно встряхивали на вортексе 20 мин, после чего пробирки с предварительно извлеченными фильтрами центрифугировали 4000 об./мин × 10 мин. Бактериальный осадок ресуспендировали в 1 мл стерильного физиологического раствора и использовали в соответствии с дизайном исследования. Извлеченные фильтры помещали на дифференциально-диагностические

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83>
Original Research Article

среды для дополнительного подтверждения наличия или отсутствия сальмонелл.

Заражение сальмонеллами лабораторных мышей осуществлялось с использованием неинбредных белых мышей (самцов массой 35–40 г), каждая из которых содержалась в индивидуальной клетке. Все манипуляции с животными осуществлялись в соответствии с действующими российскими санитарными нормами³ и «Международными рекомендациями (этическим кодексом) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985) [20, 21].

За 24 ч до инокулирования лабораторных мышей *S. Enteritidis* свежие болюсы (для каждого животного индивидуально) обследовали на отсутствие сальмонелл методами ПЦР и высева на дифференциально-диагностические среды. С этой целью по 20 болюсов от каждой мыши взвешивали, помещали в 10 мл пластиковую пробирку, добавляли физиологический раствор 1 : 9, гомогенизировали и центрифугировали 5000 об./мин × 2 мин при комнатной температуре. Одну порцию супернатанта объемом 100 мкл использовали для индикации ДНК сальмонелл методом ПЦР, а вторую порцию 100 мкл – для высева в чашки Петри, содержащие дифференциально-диагностические среды, которые инкубировали 24 ч при 37 °С.

Инокулирование лабораторных мышей производили *per os* при помощи шприца с мягкой силиконовой трубкой: животных фиксировали в вертикальном положении и медленно вводили 200 мкл жидкости, которая для первой группы ($n = 5$) содержала стерильную морскую воду с *S. Enteritidis* в концентрации 10^3 кл./мл (аналог образца 1 на рис. 1; положительный контроль); для второй группы ($n = 5$) – морскую воду с *S. Enteritidis*, инкубированными в течение 40 сут. (образец 2 на рис. 1; исследуемый образец); для третьей группы ($n = 5$) – стерилизованную морскую воду (отрицательный контроль). На 2, 4, 7 и 9-е сут. после инокуляции свежие болюсы каждой мыши обследовали на присутствие вегетативных (культивируемых) форм сальмонелл, в случае обнаружения которых дополнительно проводили плазмидомный анализ.

Дизайн исследования представлен на рис. 1. Штамм *Salmonella Enteritidis* / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390 / 2024, выращенный на скошенном питательном ГРМ-агаре в течение 24 ч при 37 °С, использовали для инокуляции двух образцов стерилизованной морской воды (по 200 мл) и одного образца стерильного физиологического раствора (по 200 мл) – все в конечной концентрации 10^3 кл./мл. Плотные закупоренные образцы подвергали воздействию естественного солнечного света и прокачиванию в термошейкере при 22 °С в течение различных промежутков времени: образец 1 с морской водой – 1 ч; образец 2 с морской водой – 40 сут.; образец 3 с физиологическим раствором – 40 сут. Бактериальные взвеси, сконцентрированные из каждого образца, использовались для индикации *Salmonella* spp. методом ПЦР и посева

на чашки Петри с дифференциально-диагностическими средами для культивирования сальмонелл. В случае наличия ДНК сальмонелл и жизнеспособных клеток при отсутствии специфических для сальмонелл колоний на всех использованных средах формулировалась рабочая гипотеза о том, что бактерии трансформировались в дормантное (некультивируемое состояние). Верификацию этой гипотезы осуществляли с помощью установления ненулевого уровня жизнеспособности бактерий и появления вегетативных (культивируемых) форм сальмонелл в фекалиях лабораторных мышей, перорально инокулированных некультивируемыми бактериями (которые перед заражением не имели признаков сальмонеллезного заражения). С целью исключения контаминации лабораторных животных, идентичность бактериальных штаммов – использованного для заражения и полученного в результате заражения – контролировали с помощью NGS-секвенирования и сравнительного анализа полноразмерного генома.

Результаты

Образец 1 (*S. Enteritidis*, инкубированная в стерилизованной морской воде на протяжении 1 ч) обладал уровнем жизнеспособности $V = 98,7$ %; ПЦР для индикации ДНК сальмонелл положительная с $C_t = 24,3$; на всех дифференциально-диагностических средах сформировались колонии, характерные для представителей рода *Salmonella* (табл. 1).

Таким образом, образец 1 содержал вегетативную форму штамма *Salmonella Enteritidis* / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390 / 2024, что вполне ожидаемо (процессинг данного образца является своеобразным положительным контролем сохранения *S. Enteritidis* вегетативного фенотипа).

Образец 2 (*S. Enteritidis*, инкубированная в стерилизованной морской воде на протяжении 40 сут.) обладал уровнем жизнеспособности $V = 67,2$ %; ПЦР для индикации ДНК сальмонелл положительная с $C_t = 33,5$; на всех дифференциально-диагностических средах колонии отсутствовали. Образец после инкубации получил обозначение *Salmonella Enteritidis* / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390MWI / 2024 и был использован для секвенирования полноразмерного генома, депонированного в Национальную российскую базу генетических данных VGARus (ID prim002103).

В болюсах лабораторных мышей, инокулированных S-28390MWI, на 2-е и 4-е сут. ПЦР и колониеобразование на всех дифференциально-диагностических средах были отрицательными; на 7-е и 9-е сут. ПЦР положительная с $C_t = 34,6$; $C_t = 31,3$; $C_t = 28,4$, соответственно, а высевы на чашки Петри с дифференциально-диагностическими средами через 24 ч завершились формированием колоний, характерных для представителей рода *Salmonella* (табл. 1).

Из колоний, сформировавшихся в результате посева из болюсов на 9-е сут. после заражения лабораторных мышей, был получен штамм *Salmonella Enteritidis* / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390MP

³ СанПиН 2.2.3218–14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача от 29.08.2014 № 51.

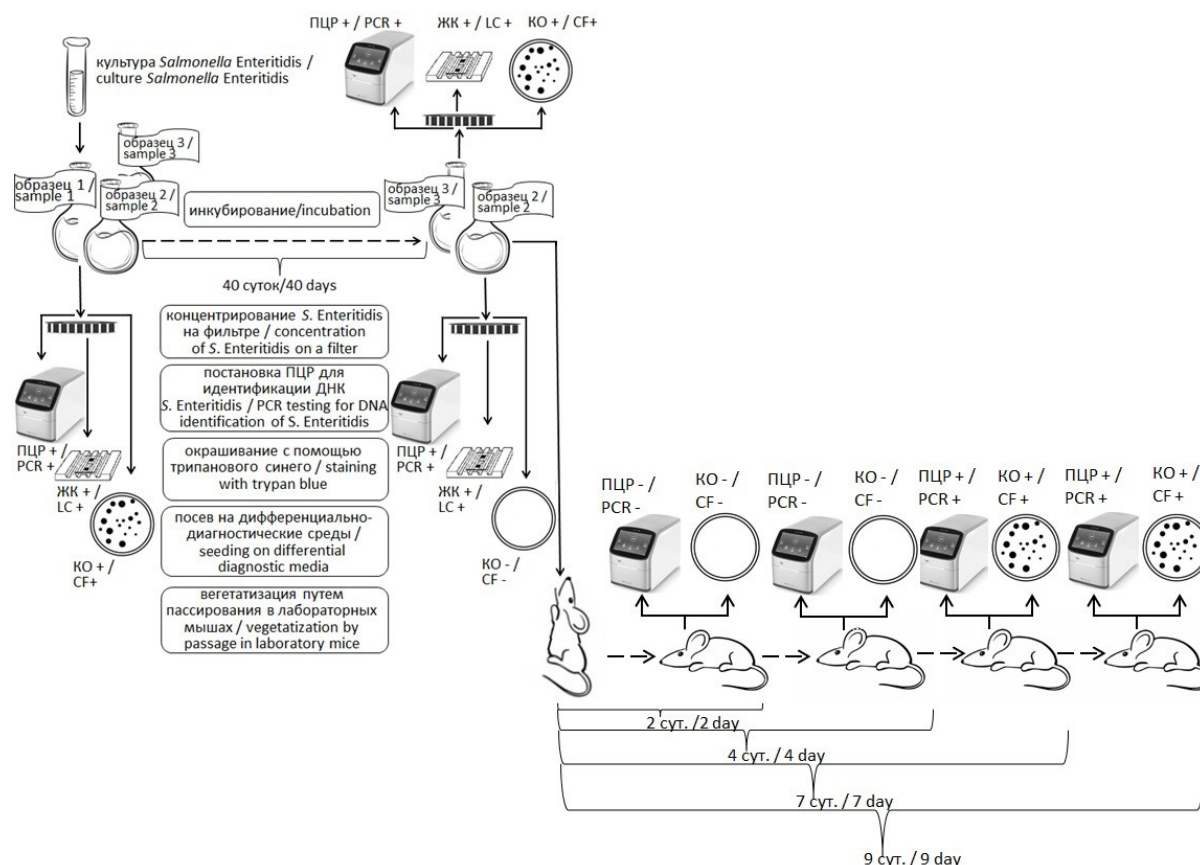


Рисунок. Схема эксперимента по выявлению смены фенотипа *Salmonella Enteritidis* с вегетативного на дормантный в морской воде. Сокращения: ЖК – живые клетки; КО – колониобразование на дифференциально-диагностических средах для выявления сальмонелл; ПЦР – полимеразная цепная реакция для индикации ДНК сальмонелл; «+» – положительный результат обследования; «-» – отрицательный результат обследования

Figure. The flowchart of the experiment to detect the seawater-induced change in the *Salmonella Enteritidis* phenotype from vegetative to dormant. Abbreviations: LC, living cells; CF, colony formation on differential diagnostic media to detect *Salmonella*; PCR, polymerase chain reaction to detect *Salmonella* DNA; plus and minus signs mean positive and negative test results, respectively

/ 2024, содержащий 2 плазмиды с молекулярными массами 38,0 МДа и 1,4 МДа. Полноразмерный геном штамма S 28390MP был секвенирован с использованием NGS-технологии и депонирован в Национальную российскую базу генетических данных VGARus (ID prim002102).

Образец 3 (*S. Enteritidis*, инкубированная в стерильном физиологическом растворе на протяжении 40 сут.) обладал уровнем жизнеспособности $V = 21,4\%$; ПЦР для индикации ДНК сальмонелл положительная с $C_t = 37,7$; на всех дифференциально-диагностических средах через 24 ч после посева сформировались колонии, характерные для представителей рода *Salmonella* (табл. 1). Из этих колоний был получен штамм *Salmonella Enteritidis* / food / Primorsky_krai_Artyem / S-28390PSI / 2024. Плазмидный анализ показал наличие плазмид 38,0 МДа и 1,4 МДа подобно исходному штамму S-28390. Полноразмерный геном штамма S 28390PSI был секвенирован с использованием NGS-технологии и депонирован в Национальную российскую базу генетических данных VGARus (ID prim002104).

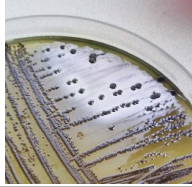


Результаты анализа гомологии полноразмерных геномов в образцах S 28390, S 28390MWI, S 28390MP и S 28390PSI представлены в табл. 2

и свидетельствуют об идентичности – с учетом сборки в контиги – этих бактериальных вариантов.

Обсуждение. Если условия окружающей среды выходят за пределы физиологической нормы, бактериальная популяция либо постепенно погибает, либо наряду с гибелью по крайней мере у части популяции может происходить перестройка метаболизма для длительного сохранения в жизнеспособном состоянии – у неспорообразующих бактерий (включая *Salmonella* spp.) это так называемый дормантный (некультивируемый) фенотип. При восстановлении подходящих условий бактерии реверсируют к вегетативному фенотипу, однако механизм запуска такой реверсии остается до конца неясным. Для патогенных бактерий наиболее эффективным способом вернуть их из дормантного к вегетативному фенотипу является заражение лабораторных животных (в частности – лабораторных мышей) [22–24]. Дормантность – совершенно особое состояние бактериальной клетки, которому предшествуют глубокие физиологические изменения. С дормантностью не следует смешивать временное снижение биохимической и репродуктивной активности в результате повышения плотности бактериальной популяции и накопления в среде продуктов метаболизма [25, 26].

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83
Original Research Article

Таблица 1. Характеристика колоний *Salmonella* spp. на различных дифференциально-диагностических средах
Table 1. Description of Salmonella colonies on selective agar media

Дифференциально-диагностическая среда / Selective agar	Колонии <i>Salmonella</i> spp. / <i>Salmonella</i> colonies	
	словесное описание / verbal description	внешний вид / appearance
Висмут-сульфит агар (среда Вильсона-Блэра) / Bismuth sulfite agar (Wilson-Blair agar)	Черные округлые колонии с характерным металлическим блеском; малая окрестность колонии в ее основании и по периметру прокрашивается в черный цвет / Black rounded colonies with a characteristic metallic sheen; the small neighborhood of the colony at its base and perimeter is colored black	
агар Эндо-ГФМ / Endo-FMH agar	Круглые бесцветные или слегка розоватые прозрачные или полупрозрачные («нежные») колонии со слегка выпуклым верхом и ровным краем / Round colorless or slightly pinkish transparent or translucent ("delicate") colonies with slightly convex tops and smooth edges	
среда Плоскирева / Ploskirev's agar	Слегка мутноватые колонии, которые либо не окрашены, либо имеют слабо-розовый оттенок / Slightly cloudy colonies that are either not colored or have a faint pinkish tinge	

Представленные результаты свидетельствуют о том, что после сорокадневной инкубации *S. Enteritidis* в стерилизованной морской воде при 22 °С бактерии в образце 2 трансформировали свой фенотип с вегетативного (наличие которого в начале инкубации иллюстрируется данными по образцу 1) на дормантный: присутствует ДНК *Salmonella* spp. и жизнеспособные клетки, однако бактерии не удается культивировать на дифференциально-диагностических средах – для получения культивируемых форм потребовалось предварительно

пропассировать их путем заражения лабораторных белых мышей.

Важно отметить, что простое отсутствие питательных веществ (по крайней мере – на протяжении 40 сут.) еще недостаточно для дормантизации *S. Enteritidis*: образец 3 сохранил вегетативный фенотип. По-видимому, замена среды с обычного и удобного для сальмонелл физиологического раствора на морскую воду является достаточно сильным «стрессовым сигналом» для того, чтобы начать формировать дормантный фенотип. Действительно,

Таблица 2. Уровень гомологии полноразмерных геномов в экспериментальных образцах, полученных из исходного штамма *Salmonella* Enteritidis / food / Primorsky_krai_Artyem / S 28390 / 2024

Table 2. Homology level of full-size genomes in experimental samples obtained from the original *Salmonella* Enteritidis / food / Primorsky_krai_Artyem / S 28390 / 2024 strain

Обозначение образца / Sample designation	Образец-предшественник / Precursor sample	Процессинг образца из предшественника / Processing of a sample from a predecessor	Плазмидный состав, МДа / Plasmid composition, MDa	S 28390	S 28390MWI	S 28390MP	S 28390PSI
				идентичность геномов, % / genome identity, %			
S 28390 (VGARus ID prim001916)	Исходный штамм / Initial strain		38,0 : 1,4		99,8	99,8	99,9
S 28390MWI (VGARus ID prim002103)	S 28390	Инкубирован 40 сут. в стерилизованной морской воде / Incubated for 40 days in sterilized seawater	38,0 : 1,4	99,8		99,5	99,6
S 28390MP (VGARus ID prim002102)	S 28390MWI	Пассирован 9 сут. в перорально зараженных лабораторных мышах / Passioned for 9 days in orally infected laboratory mice	38,0 : 1,4	99,8	99,5		99,6
S 28390PSI (VGARus ID prim002104)	S 28390	Инкубирован 40 сут. в стерильном физиологическом растворе / Incubated for 40 days in sterile saline solution	38,0 : 1,4	99,9	99,6	99,6	

в воде Мирового океана растворено большое количество химических элементов в форме солей и их ионов, которые принимают участие в метаболических процессах: pH 7,5–8,4 благодаря наличию карбонатной буферной системы; средняя соленость 3,5 ‰, включая 0,55 моль/кг Cl⁻; 0,47 моль/кг Na⁺; 0,05 моль/кг Mg²⁺; 0,03 моль/кг SO₄²⁻; 0,01 моль/кг Ca²⁺; 0,01 моль/кг K⁺; а также Br⁻, B₄O₇²⁻, F⁻, I⁻, Sr²⁺, микроэлементов и т. д. Высокое содержание брома, галогенов и металлов в метаболитах – своеобразная «визитная карточка» морского биогеоценоза [27–29].

С содержательной точки зрения чрезвычайно важно, что жизнеспособность образца 3 к концу сорокадневной инкубации оказалась ниже по сравнению с образцом 2 (21,4 % vs. 67,2 %). Такой результат укладывается в рамки следующей концепции: чем сильнее стимул к дормантизации, тем раньше начинается трансформация к этому фенотипу – в результате в популяции остается больше жизнеспособных бактерий, среди которых постепенно возрастает доля дормантных, пока не приблизится к 100 %. В частности, среди жизнеспособных бактерий в образце 3 к концу сорокадневного периода инкубации тоже могли сформироваться дормантные клетки, но их доля неизвестна, а их наличие маскировалось присутствием вегетативных (культивируемых) форм. Весьма вероятно, при более длительном инкубировании жизнеспособность образца 3 снизилась бы еще больше, но зато среди жизнеспособных клеток остались бы только дормантные (некультивируемые на дифференциально-диагностических средах, но реверсирующие к вегетативному фенотипу после пассирования в зараженных лабораторных мышах) – однако в данной работе нас интересовала возможность дормантизации сальмонелл под действием именно морской воды.

Уместно также отметить, что использование стерилизованной морской воды исключало непосредственное влияние других компонентов микробиоты на феномен дормантизации *S. Enteritidis*. Впрочем, это влияние не было исключено полностью: известно, например, что многие морские токсины [30–32] способны сохраняться и в стерилизованной воде, их устранение требует дезинфекции химическими методами, которые не применялись, чтобы не изменять химический состав морской воды. Отсутствие токсинов в биологически значимых концентрациях верифицировалось отрицательным контролем при инокуляции лабораторных мышей (третья группа, получавшая перорально только стерилизованную морскую воду). Однако нельзя исключать присутствие в морской воде биологических медиаторов (нетоксичной природы), также устойчивых к стерилизации, которые продуцируются морскими организмами и способны индуцировать у *S. Enteritidis* смену фенотипа с вегетативного на дормантный. В этом смысле представленные в работе результаты являются предварительными и нуждаются в дальнейших исследованиях с использованием стерилизованной морской воды, дополнительно проверенной на отсутствие биологически активных соединений методами масс-спектрометрии.

Полученные результаты требуют детализировать гигиенические требования к зонам рекреации морских побережий (в том числе регулируемые ГОСТ 17.1.5.02-80) в части разработки методов индикации патогенных бактерий с дормантным фенотипом [33, 34]. С точки зрения фундаментальных исследований необходимо учитывать дормантные формы при изучении бактериальных сообществ Мирового океана [35, 36].

Заключение. Стерилизованная морская вода как абиотический фактор способна запускать механизм трансформации вегетативного фенотипа *S. Enteritidis* в дормантный. Это требует детализировать гигиенические требования к зонам рекреации морских побережий в части разработки методов индикации патогенных бактерий с дормантным фенотипом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев А.А. Морская эпидемиология. Владивосток: Медицина ДВ, 2004. 132 с.
2. Хотимченко Ю.С., Щелканов М.Ю. Вирусы океана: на берегах aqua incognita. Горизонты таксономического разнообразия // Биология моря. 2024. Т. 50. № 1. С. 3-41. doi: 10.31857/S0134347524010018
3. Щелканов М.Ю., Катин И.О., Бурухина Е.Г., Починок И.В., Щелканов Е.М., Волков Ю.Г., Шестопалов А.М., Галкина И.В. Колючие вши (Echinophthiriidae) как переносчики инвазивных и инфекционных заболеваний ластоногих // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 3. С. 20-32. doi: 10.18470/1992-1098-2017-3-20-32
4. Щелканов М.Ю., Аристова В.А., Чумаков В.М., Львов Д.К. Историография термина «природный очаг» // В сб.: Новые и возвращающиеся инфекции в системе биобезопасности Российской Федерации. Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2014. С. 21-32.
5. Hubálek Z, Rudolf I. *Microbial Zoonoses and Sapronoses*. Luxembourg: Springer; 2011. doi: 10.1007/978-90-481-9657-9
6. Сомов Г.П., Бузолева Л.С. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды. Владивосток: Полиграфкомбинат, 2004. 167 с.
7. Андриянов Б.Г., Крыжановский С.П., Беседнова Н.Н. Молекулярные основы специфических механизмов адаптации патогенных бактерий. Владивосток: Дальнаука, 2021. 312 с.
8. Запорожец Т.С., Беседнова Н.Н., Калинин А.В., Сомова Л.М., Щелканов М.Ю. 80 лет на страже биологической безопасности у восточных рубежей России // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 5 (338). С. 5-15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-338-5-5-15
9. Сомова Л.М., Дробот Е.И., Ляпун И.Н., Пустовалов Е.В., Матосова Е.В., Щелканов М.Ю. Ультраструктура и морфологическая вариабельность некультивируемых форм бактерий *Yersinia pseudotuberculosis* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2021. Т. 172. № 12. С. 724-728. doi: 10.47056/0365-9615-2021-172-12-724-728
10. Матосова Е.В., Бынина М.П., Ляпун И.Н., Щелканов М.Ю. Применение экспериментальной динамической модели для изучения биопленкообразования бактерий в морской воде // Успехи медицинской микологии. 2023. Т. 25. С. 396-400.
11. Матосова Е.В., Беседнова Н.Н., Кусайкин М.И., Андриянов Б.Г., Макаренкова И.Д., Щелканов М.Ю., Ляпун И.Н., Бынина М.П., Ермакова С.П., Звягинцева Т.Н. Антибиопленочная активность фукоиданов бурых водорослей // Антибиотики и химиотерапия. 2023. Т. 68. № 9-10. С. 5-11. doi: 10.37489/0235-2990-2023-68-9-10-5-11
12. Еськова А.И., Яковлев А.А., Обухова В.С., Бынина М.П., Ким А.В., Щелканов М.Ю. Межвидовое взаимодействие

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83>
Original Research Article

- бактерий *Listeria monocytogenes*, *Yersinia pseudotuberculosis* и морских сапротрофов при долговременном культивировании в биопленках // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2024. Т. 177. № 2. С. 225-229. doi: 10.47056/0365-9615-2024-177-2-225-229
13. Еськова А.И., Яковлев А.А., Обухова В.С., Фатеева Л.Н., Щелканов М.Ю. Способность морских бактерий, выделенных из прибрежных вод Японского моря, к образованию монокультуральных и поликультуральных биопленок с сапронозными микроорганизмами *Listeria monocytogenes*. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623560 с приоритетом от 01.08.2024; дата государственной регистрации в Реестре баз данных: 14.08.2024.
 14. Лабинская А.С., Блинкова Л.П., Ещина А.С. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований. СПб.: Лань, 2016. 588 с.
 15. Фадейкина О.В., Касина И.В., Ермолаева Т.Н., Волкова Р.А., Давыдов Д.С., Немировская Т.И., Климов В.И., Борисевич И.В., Мовсесянц А.А. Проблемы оценки общей концентрации микробных клеток с применением отраслевого стандартного образца мутности бактериальных взвесей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. Т. 11. № 2. С. 268-273.
 16. Егорова С.А., Кулешов К.В., Кафтырева Л.А. Современные методы субтипирования сальмонелл при исследовании вспышек сальмонеллеза // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2019. № 3. С. 36-42.
 17. Адамс Р. Методы культуры клеток для биохимиков. М.: Мир, 1983. 263 с.
 18. Kado CI, Liu ST. Rapid procedure for detection and isolation of large and small plasmids. *J Bacteriol.* 1981;145(3):1365-1373. doi: 10.1128/jb.145.3.1365-1373.1981
 19. Hernández-Salmerón JE, Moreno-Hagelsieb G. FastANI, Mash and Dashing equally differentiate between *Klebsiella* species. *PeerJ.* 2022;10:e13784. doi: 10.7717/peerj.13784
 20. Копаладзе Р.А. Работа с лабораторными животными в контексте биоэтики – история, современность, перспективы // Успехи физиологических наук. 2004. Т. 35. № 2. С. 92-109.
 21. Щелканов М.Ю., Ярыгина М.В., Галкина И.В., Кикю П.Ф. Диалектический подход к биомедицинской этике как основа ее имплементации в современных социокультурных условиях // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2019. Т. 27. № 4. С. 414-417.
 22. Rittershaus ESC, Baek SH, Sasseti CM. The normalcy of dormancy: Common themes in microbial quiescence. *Cell Host Microbe.* 2013;13(6):643-651. doi: 10.1016/j.chom.2013.05.012
 23. Gollan B, Grabe G, Michaux C, Helaine S. Bacterial persisters and infection: Past, present, and progressing. *Annu Rev Microbiol.* 2019;73:359-385. doi: 10.1146/annurev-micro-020518-115650
 24. Zheng EJ, Valeri JA, Andrews IW, et al. Discovery of antibiotics that selectively kill metabolically dormant bacteria. *Cell Chem Biol.* 2024;31(4):712.e9-728.e9. doi: 10.1016/j.chembiol.2023.10.026
 25. Вавилин В.А., Щелканов М.Ю., Локшина Л.Я. Влияние диффузии жирных кислот в водной среде на распространение концентрационных химических волн при разложении твердых бытовых отходов // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 6. С. 756-762.
 26. Vavilin VA, Shchelkanov MYu, Lokshina LYa, et al. A comparative analysis of a balance between the rates of polymer hydrolysis and acetoclastic methanogenesis during anaerobic digestion of solid waste. *Water Sci Technol.* 2002;45(10):249-254. doi: 10.2166/wst.2002.0345
 27. Романкевич Е.Л. Живое вещество Земли (Биогеохимические аспекты проблемы) // Геохимия. 1988. № 2. С. 292-306.
 28. Саенко Г.Н. Металлы и галогены в морских организмах. М.: Наука, 1992; 200 с.
 29. Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С., Ермакова С.П., Крыжановский С.П., Беседнова Н.Н., Щелканов М.Ю. Адьюванты на основе полисахаридов из гидробионтов Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2023. 326 с.
 30. Ким И.Н., Кушнирук А.А. Токсины гидробионтов // Экологическая экспертиза. 2010. № 2. С. 2-64.
 31. Губанов Е.П. Ядовитые и опасные гидробионты // Труды ВНИРО. 2015. № 156. С. 91-105.
 32. Стоник И.В., Попов Р.С., Цурпало А.П., Дмитренко П.С., Щелканов М.Ю., Орлова Т.Ю. Домоёвая кислота в лабораторных культурах диатомовых водорослей рода *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in H. Peragallo et M. Peragallo, 1900 и пробах моллюсков из российских вод Японского моря и тихоокеанских вод Камчатки // Биология моря. 2023. Т. 49. № 5. С. 313-318. doi: 10.31857/S013434752305011X
 33. Barer MR. Viable but non-culturable and dormant bacteria: Time to resolve an oxymoron and a misnomer? *J Med Microbiol.* 1997;46(8):629-631. doi: 10.1099/00222615-46-8-629
 34. Darcan C, Ozkanca R, Idil O, Flint KP. Viable but non-culturable state (VBNC) of *Escherichia coli* related to EnvZ under the effect of pH, starvation and osmotic stress in sea water. *Pol J Microbiol.* 2009;58(4):307-317.
 35. Dewailly E, Furgal C, Knap A, et al. Indicators of ocean and human health. *Can J Public Health.* 2002;93(Suppl 1):S34-S38. doi: 10.1007/BF03405116
 36. Glöckner FO, Joint I. Marine microbial genomics in Europe: Current status and perspectives. *Microb Biotechnol.* 2010;3(5):523-530. doi: 10.1111/j.1751-7915.2010.00169.x

REFERENCES

1. Yakovlev AA. [*Marine Epidemiology.*] Vladivostok: Meditsina DV Publ.; 2004. (In Russ.)
2. Khotimchenko YuS, Shchelkanov MYu. Viruses of the ocean: On the shores of the aqua incognita. Horizons of taxonomic diversity. *Russ J Mar Biol.* 2024;50(1):1-24. doi: 10.1134/S106307402401005X
3. Shchelkanov MYu, Katin IO, Burukhina EG, et al. Seal louse (*Echinophthiriidae*) as vectors of invasive and infectious disease agents of pinnipeds. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitie.* 2017;12(3):20-32. (In Russ.) doi: 10.18470/1992-1098-2017-3-20-32
4. Shchelkanov MYu, Aristova VA, Chumakov VM, Lvov DK. [Historiography of the term “natural focus”.] In: [*Emerging and Re-emerging Infections in the Biosecurity System of the Russian Federation: Collection of Articles.*] Moscow: Sechenov First MSU Publ.; 2014:21-32. (In Russ.)
5. Hubálek Z, Rudolf I. *Microbial Zoonoses and Sapronoses.* Luxembourg: Springer; 2011. doi: 10.1007/978-90-481-9657-9
6. Somov GP, Buzoleva LS. [*Adaptation of Pathogenic Bacteria to Abiotic Environmental Factors.*] Vladivostok: Poligrafkombinat Publ.; 2004. (In Russ.)
7. Andryukov BG, Kryzhanovskiy SP, Besednova NN. [*Molecular Basis of Specific Adaptation Mechanisms of Pathogenic Bacteria.*] Vladivostok: Dalnauka Publ.; 2021. (In Russ.)
8. Zaporozhets TS, Besednova NN, Kalinin AV, Somova LM, Shchelkanov MYu. 80 years on guard of biological safety at the eastern borders of Russia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2021;5(338):5-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-338-5-15
9. Somova LM, Drobot EI, Lyapun IN, Pustovalov EV, Matosova EV, Shchelkanov MYu. Ultrastructure and morphological variability of non-culturable forms of *Yersinia pseudotuberculosis* bacteria. *Bull Exp Biol Med.* 2022;172(6):725-728. doi: 10.1007/s10517-022-05465-8
10. Matosova EV, Bynina MP, Lyapun IN, Shchelkanov MYu. [Application of an experimental dynamic model for studying bacterial biofilm formation in seawater.] *Uspekhi Meditsinskoy Mikologii.* 2023;25:396-400. (In Russ.)

11. Matosova EV, Besednova NN, Kusaykin MI, et al. Antibiofilm activity of fucoidans from brown algae. *Antibiotiki i Khimioterapiya*. 2023;68(9-10):5-11. (In Russ.) doi: 10.37489/0235-2990-2023-68-9-10-5-11
12. Eskova AI, Yakovlev AA, Obukhova VS, Bynina MP, Kim AV, Shchelkanov MYu. Interspecies interaction of bacteria *Listeria monocytogenes*, *Yersinia pseudotuberculosis*, and marine saprotrophs during long-term culturing in biofilms. *Bull Exp Biol Med*. 2024;177(2):252-255. doi: 10.1007/s10517-024-06167-z
13. Es'kova AI, Yakovlev AA, Obukhova VS, Fateeva LN, Shchelkanov MYu. [The ability of marine bacteria isolated from coastal waters of the Sea of Japan to form mono- and polycultural biofilms with saprotrophic microorganisms *Listeria monocytogenes*.] Certificate of state registration of the database No. 2024623560 with priority dated August 1, 2024; date of state registration in the Database Registry: August 14, 2024. (In Russ.)
14. Labinskaya AS, Blinkova LP, Eshchina AS. [General and Sanitary Microbiology with Microbiological Research Techniques.] St. Petersburg: Lan' Publ.; 2016. (In Russ.)
15. Fadeykina OV, Kasina IV, Ermolaeva TN, et al. The problems of assessing the total concentration of microbial cells with the use of branch standard sample of bacterial suspensions. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2016;(11-2):268-273. (In Russ.)
16. Egorova SA, Kuleshov KV, Kaftyreva LA. Modern Salmonella subtyping methods in outbreak investigations. *Immunopatologiya, Allergologiya, Infektologiya*. 2019;(3):36-42. (In Russ.) doi: 10.14427/jipai.2019.3.33
17. Adams RLP. *Cell Culture for Biochemists*. Moscow: Mir Publ.; 1983. (In Russ.)
18. Kado CI, Liu ST. Rapid procedure for detection and isolation of large and small plasmids. *J Bacteriol*. 1981;145(3):1365-1373. doi: 10.1128/jb.145.3.1365-1373.1981
19. Hernández-Salmerón JE, Moreno-Hagelsieb G. FastANI, Mash and Dashing equally differentiate between *Klebsiella* species. *PeerJ*. 2022;10:e13784. doi: 10.7717/peerj.13784
20. Kopaladze RA. [Working with laboratory animals in the context of bioethics: History, modernity, prospects.] *Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk*. 2004;35(2):92-109. (In Russ.)
21. Shchelkanov MYu, Yarygina MV, Galkina IV, Kiku PF. The dialectic approach to biomedical ethics as a foundation of its implementation in actual social conditions. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2019;27(4):414-417. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-4-414-417
22. Rittershaus ESC, Baek SH, Sasseti CM. The normalcy of dormancy: Common themes in microbial quiescence. *Cell Host Microbe*. 2013;13(6):643-651. doi: 10.1016/j.chom.2013.05.012
23. Gollan B, Grabe G, Michaux C, Helaine S. Bacterial persisters and infection: Past, present, and progressing. *Annu Rev Microbiol*. 2019;73:359-385. doi: 10.1146/annurev-micro-020518-115650
24. Zheng EJ, Valeri JA, Andrews IW, et al. Discovery of antibiotics that selectively kill metabolically dormant bacteria. *Cell Chem Biol*. 2024;31(4):712.e9-728.e9. doi: 10.1016/j.chembiol.2023.10.026
25. Vavilin VA, Shchelkanov MYu, Lokshina LYa. The effect of fatty acid diffusion in leachate on the propagation of concentration waves in the process of municipal solid waste decomposition. *Water Res*. 2001;28(6):691-697. doi: 10.1023/A:1012898132074
26. Vavilin VA, Shchelkanov MYu, Lokshina LYa, et al. A comparative analysis of a balance between the rates of polymer hydrolysis and acetoclastic methanogenesis during anaerobic digestion of solid waste. *Water Sci Technol*. 2002;45(10):249-254. doi: 10.2166/wst.2002.0345
27. Romankevich EL. [Living matter of the Earth (Biogeochemical aspects of the problem).] *Geokhimiya*. 1988;(2):292-306. (In Russ.)
28. Saenko GN. [Metals and Halogens in Marine Organisms.] Moscow: Nauka Publ.; 1992. (In Russ.)
29. Kuznetsova TA, Zaporozhets TS, Ermakova SP, Kryzhanovskiy SP, Besednova NN, Shchelkanov MYu. [Adjuvants Based on Polysaccharides from Pacific Hydrobionts.] Avdeeva Zhl, ed. Vladivostok: Dalnauka Publ.; 2023. (In Russ.)
30. Kim IN, Kushniruk AA. [Toxins of hydrobionts.] *Ekologicheskaya Ekspertiza*. 2010;(2):2-64. (In Russ.)
31. Goubanov EP. Toxic and dangerous aquatic organisms. *Trudy VNIRO*. 2015;156:91-105. (In Russ.)
32. Stonik IV, Popov RS, Tsurpalo AP, Dmitrenok PS, Shchelkanov MYu, Orlova TYu. Domoic acid in cultures of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in H. Peragallo & M. Peragallo, 1900 and in bivalve samples from the Russian waters of the Sea of Japan and the Pacific waters of Kamchatka. *Russ J Mar Biol*. 2023;49(5):355-360. doi: 10.1134/S1063074023050115
33. Barer MR. Viable but non-culturable and dormant bacteria: Time to resolve an oxymoron and a misnomer? *J Med Microbiol*. 1997;46(8):629-631. doi: 10.1099/00222615-46-8-629
34. Darcan C, Ozkanca R, Idil O, Flint KP. Viable but non-culturable state (VBNC) of *Escherichia coli* related to EnvZ under the effect of pH, starvation and osmotic stress in sea water. *Pol J Microbiol*. 2009;58(4):307-317.
35. Dewailly E, Furgal C, Knap A, et al. Indicators of ocean and human health. *Can J Public Health*. 2002;93(Suppl 1):S34-S38. doi: 10.1007/BF03405116
36. Glöckner FO, Joint I. Marine microbial genomics in Europe: Current status and perspectives. *Microb Biotechnol*. 2010;3(5):523-530. doi: 10.1111/j.1751-7915.2010.00169.x

Сведения об авторах:

✉ **Бынина** Марина Павловна – м.н.с. лаборатории кишечных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: marina.bynina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-328X>.

Яковлев Анатолий Александрович – д.м.н., профессор; заведующий лабораторией кишечных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; профессор кафедры эпидемиологии и военной эпидемиологии ФГБОУ ВО «Тихоокеанский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: yakovlev-epid@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7008-3804>.

Макаренкова Илона Дамировна – д.м.н., профессор; в.н.с. лаборатории кишечных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: ilona_m@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6450-840X>.

Соловьёва Алина Сергеевна – м.н.с. лаборатории кишечных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: vladivostok2585@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8080-7933>.

Показеева Юлия Николаевна – ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии ФГБОУ ВО «Тихоокеанский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; м.н.с. лаборатории кишечных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: pokazeeva_yulia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5725-830X>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-74-83>
Original Research Article

Трофимова Мария Фёдоровна – м.н.с. группы биоинформатики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: shestaksin@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7105-9849>.

Лубова Валерия Александровна – н.с. лаборатории природно-очаговых вирусных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: valeri_priority@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4290-6164>.

Белик Алексей Анатольевич – к.б.н., н.с. группы биоинформатики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: belik_a_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0303-3188>.

Белов Юрий Александрович – руководитель Центра молекулярной диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; ассистент кафедры эпидемиологии, микробиологии и паразитологии ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; e-mail: belov.ya@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8313-5610>.

Запорожец Татьяна Станиславовна – д.м.н., профессор; г.н.с. лаборатории респираторных инфекций ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; e-mail: niiem_vl@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8879-8496>.

Крыжановский Сергей Петрович – д.м.н., член-корреспондент РАН; Медицинское объединение Дальневосточного отделения Российской академии наук; e-mail: kryzhanovskiy@hq.febras.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1981-1079>.

Щелканов Михаил Юрьевич – д.б.н., член-корреспондент РАН; директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; заведующий кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; e-mail: adorob@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Крыжановский С.П., Щелканов М.Ю., Яковлев А.А.*; проведение эксперимента, сбор и упорядочение данных: *Белов Ю.А., Бынина М.П., Лубова В.А., Показеева Ю.Н., Соловьёва А.С.*; анализ и интерпретация полученных результатов: *Белик А.А., Запорожец Т.С., Макаренкова И.Д., Трофимова М.Ф., Щелканов М.Ю.*; обзор литературы, подготовка проекта рукописи: *Бынина М.П., Соловьёва А.С., Яковлев А.А., Щелканов М.Ю.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: одобрение этики было предоставлено Комитетом по этике НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова (протокол № 3 от 3 февраля 2022 г.).

Финансирование: исследование не получило внешнего финансирования и было проведено в рамках Государственного задания (тема № 122041800151-3).

Конфликт интересов: соавтор статьи Щелканов М.Ю. является членом редакционного совета журнала «Здоровье населения и среда обитания»; остальные авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 14.07.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликована: 31.10.25

Author information:

✉ Marina P. Bynina, Junior Researcher, Laboratory of Intestinal Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: marina.bynina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-328X>.

Anatoly A. Yakovlev, Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the Laboratory of Intestinal Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Professor, Department of Epidemiology and Military Epidemiology, Pacific Medical University; e-mail: yakovlev-epid@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7008-3804>.

Iлона D. Makarenkova, Dr. Sci. (Med.), Professor; Leading Researcher, Laboratory of Intestinal Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: ilona_m@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6450-840X>.

Alina S. Solovyeva, Junior Researcher, Laboratory of Intestinal Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: vladivostok2585@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8080-7933>.

Julia N. Pokazeeva, Assistant, Department of Normal and Pathological Physiology, Pacific Medical University; Junior Researcher, Laboratory of Intestinal Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: pokazeeva_ylia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5725-830X>.

Maria F. Trofimova, Junior Researcher, Bioinformatics Group, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: shestaksin@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7105-9849>.

Valeria A. Lubova, Researcher, Laboratory of Natural Focal Viral Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: valeri_priority@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4290-6164>.

Alexey A. Belik, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Bioinformatics Group, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: belik_a_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0303-3188>.

Iurii A. Belov, Head, Center for Molecular Diagnostics, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Assistant, Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology, Far Eastern Federal University; e-mail: belov.ya@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8313-5610>.

Tatyana S. Zaporozhets, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Chief Researcher, Laboratory of Respiratory Infections, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; e-mail: niiem_vl@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8879-8496>.

Sergey P. Kryzhanovskiy, Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Medical Unit of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: kryzhanovskiy@hq.febras.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1981-1079>.

Mikhail Yu. Shchelkanov, Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Director, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Head, Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology, Far Eastern Federal University; e-mail: adorob@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>.

Author contributions: study conception and design: *Kryzhanovskiy S.P., Shchelkanov M.Yu., Yakovlev A.A.*; experiment, data collection and processing: *Belov Yu.A., Bynina M.P., Lubova V.A., Pokazeeva Yu.N., Solovyova A.S.*; analysis and interpretation of results: *Belik A.A., Zaporozhets T.S., Makarenkova I.D., Trofimova M.F., Shchelkanov M.Yu.*; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Bynina M.P., Solovyova A.S., Yakovlev A.A., Shchelkanov M.Yu.* All the 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 G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology (protocol No. 3 of February 3, 2022).

Funding: This research received no external funding and was carried out within the State Assignment (Theme No. 122041800151-3).

Conflict of interest: Dr. Shchelkanov 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: July 14, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025



Выявление возбудителей клещевых трансмиссивных инфекций в иксодовых клещах, удаленных после присасывания к человеку, на территории Хабаровского края в эпидемические сезоны 2017–2024 гг.

Н.В. Белкина, А.Г. Драгомерецкая, О.Е. Троценко, Т.А. Аушева

ФБУН «Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии»
Роспотребнадзора, ул. Шевченко, д. 2, г. Хабаровск, 680610, Российская Федерация

Резюме

Введение. На территории Хабаровского края локализуются сочетанные природные очаги клещевых трансмиссивных инфекций, характеризующиеся стойкостью и цикличностью функционирования. Из 19 административных территорий края 16 являются эндемичными по вирусному клещевому энцефалиту и другим клещевым инфекциям. В связи с вышеизложенным неотъемлемым элементом эпидемиологического надзора за данной группой инфекций является мониторинг показателей обилия, видового состава и инфицированности иксодовых клещей возбудителями клещевых трансмиссивных инфекций.

Цель исследования: анализ показателей инфицированности возбудителями клещевых трансмиссивных инфекций иксодовых клещей, удаленных после присасывания к человеку, на территории Хабаровского края в 2017–2024 гг.

Материалы и методы. С целью мониторинга инфицированности переносчиков клещевых трансмиссивных инфекций в течение эпидемического сезона (апрель – октябрь) 2017–2024 гг. было исследовано 16 863 напивавшихся иксодовых клещей, удаленных после присасывания к человеку, на территории Хабаровского края. Выявление антигена вируса клещевого энцефалита в клещах проводили методом иммуноферментного анализа, ДНК боррелий, риккетсий, эрлихий и анаплазм – методом полимеразной цепной реакции. Амплификацию нуклеиновых кислот проводили методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени.

Результаты. Среди переносчиков, удаленных после присасывания к человеку, 76,0 % составили клещи рода *Ixodes*, клещи рода *Haemaphysalis* – 7,6 %, клещи рода *Dermacentor* – 3,1 %, клещи без уточнения рода – 13,3 %. Генетический материал возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов – боррелий комплекса *B. burgdorferi* s. l. – был выявлен в 39,2 % проб, ДНК *B. miyamotoi* – в 6,6 % случаев, ДНК *A. phagocytophilum* – в 6,2 %, ДНК *E. muris* / *E. chaffeensis* – в 5,72 %, ДНК *R. sibirica* – в 0,4 %, ДНК *R. heilongjiangensis* – в 21,5 % проб. Наиболее подвержены многокомпонентному микст-инфицированию возбудителями КТИ (четырьмя и более) клещи рода *Ixodes*.

Заключение. Данные ежегодного мониторинга инфицированности иксодовых клещей доказывают наличие и активность сочетанных природных очагов клещевых трансмиссивных инфекций на территории Хабаровского края.

Ключевые слова: клещевые трансмиссивные инфекции, инфицированность, полимеразная цепная реакция, иксодовые клещи, Хабаровский край.

Для цитирования: Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Аушева Т.А. Выявление возбудителей клещевых трансмиссивных инфекций в иксодовых клещах, удаленных после присасывания к человеку, на территории Хабаровского края в эпидемические сезоны 2017–2024 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 10. С. 84–91. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-84-91

Detection of Tick-Borne Pathogens in Ixodid Ticks Removed from Humans in the Khabarovsk Krai during the Epidemic Seasons of 2017–2024

Nadezhda V. Belkina, Anna G. Dragomeretskaya, Olga E. Trotsenko, Tatyana A. Ausheva

Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology,
2 Shevchenko Street, Khabarovsk, 680610, Russian Federation

Summary

Introduction: The Khabarovsk Krai is home to multiple natural foci of tick-borne diseases noted for persistence and cyclicity. Of its 19 administrative territories, 16 are endemic for tick-borne encephalitis and other tick-borne diseases. In view of the above, monitoring of abundance, species composition, and infection rates in ixodid ticks is an essential element of epidemiological surveillance of this group of infections.

Objective: To analyze infection rates in embedded ixodid ticks removed from humans in the Khabarovsk Krai in 2017–2024.

Materials and Methods: In order to establish infection rates in ticks during the epidemic season (April–October) of the years 2017 to 2024, we tested 16,863 engorged ixodid ticks removed from humans in the Khabarovsk Krai. The enzyme-linked immunosorbent assay was used to detect the tick-borne encephalitis virus antigen while the real-time polymerase chain reaction detected the DNA of Borrelia, Rickettsia, Ehrlichia, and Anaplasma. Real-time RT-PCR was used as a nucleic acid amplification test.

Results: Of the ticks tested, 76.0 % were of the genus *Ixodes*, 7.6 % were of the genus *Haemaphysalis*, 3.1 % were of the genus *Dermacentor*, and 13.3 % were ticks of unspecified genus. Genetic material of tick-borne pathogens including *B. burgdorferi* s.l. complex was detected in 39.2 %, *B. miyamotoi* DNA – in 6.6 %, *A. phagocytophilum* DNA – in 6.2 %, *E. muris* / *E. chaffeensis* DNA – in 5.72 %, *R. sibirica* DNA – in 0.4 %, and *R. heilongjiangensis* DNA – in 21.5 % of the samples. Multiple (four or more) tick-borne pathogens were a more frequent finding in ixodid ticks.

Conclusion: Results of the annual monitoring of infection rates in ixodid ticks prove the presence and activity of combined natural foci of tick-borne diseases in the Khabarovsk Krai.

Keywords: tick-borne diseases, infection rate, polymerase chain reaction, ixodid ticks, Khabarovsk Krai.

Cite as: Belkina NV, Dragomeretskaya AG, Trotsenko OE, Ausheva TA. Detection of tick-borne pathogens in ixodid ticks removed from humans in the Khabarovsk Krai during the epidemic seasons of 2017–2024. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(10):84–91. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-10-84-91

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-84-91>
Original Research Article

Введение. Устойчивая тенденция к повышению уровня заболеваемости населения Российской Федерации клещевыми трансмиссивными инфекциями (КТИ) и расширению их нозоареалов, регистрация микст-инфекций, появление ранее неизвестных патогенов и новых нозологических форм болезней обуславливают актуальность мониторинга инфицированности переносчиков КТИ на эндемичных территориях [1–3]. Важно отметить, что ввиду социально-экономических последствий урбанизации риску нападения иксодовых клещей подвергаются и городские жители [4, 5]. На территории Хабаровского края локализируются сочетанные природные очаги КТИ, характеризующиеся стойкостью и цикличностью функционирования. Из 19 административных территорий края 16 являются эндемичными по вирусному клещевому энцефалиту (ВКЭ) и другим КТИ [6–8]. Известно, что изменение климата может приводить к увеличению численности переносчиков КТИ и их прокормителей на северных границах ареалов, антропогенное воздействие и социально-экономические условия на отдельных территориях, а также недостаточная информированность населения о мерах профилактики КТИ являются основными факторами, обуславливающими расширение природных очагов и увеличение показателей заболеваемости населения [9–12]. В связи с вышеизложенным неотъемлемым элементом эпидемиологического надзора за данной группой инфекций является мониторинг показателей обилия, видового состава и инфицированности иксодовых клещей возбудителями КТИ.

Цель исследования – анализ показателей инфицированности возбудителями клещевых трансмиссивных инфекций иксодовых клещей, удаленных после присасывания к человеку на территории Хабаровского края в 2017–2024 гг.

Материалы и методы. С целью мониторинга инфицированности переносчиков КТИ в течение эпидемического сезона (апрель – октябрь) 2017–2024 гг. было исследовано индивидуально 16 863 напивавшихся иксодовых клещей, удаленных после присасывания к человеку на территории Хабаровского края (12 816 экз. клещей рода *Ixodes*, 528 экз. рода *Dermacentor*, 1278 экз. рода *Haemaphysalis* и 2271 экз. без уточнения рода). С целью выявления антигена вируса клещевого энцефалита было исследовано 16 863 экз., генетического материала боррелий комплекса *Borrelia burgdorferi sensu lato* было исследовано 7776 экз., *Borrelia miyamotoi* – 2187 экз., *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia muris*, *E. chaffeensis* – 2306 экз., *Rickettsia sibirica*, *Rickettsia heilongjiangensis* – 1869 экз. иксодовых клещей.

Перед исследованием клещей подвергали гомогенизации в гомогенизаторе TissueLyser LT и готовили суспензию. Клещей диспергировали в 250 мкл раствора для приготовления образцов (РПО). Выявление антигена вируса КЭ в клещах проводили методом иммуноферментного анализа (ИФА) набором «ВектоВКЭ-антиген». Постановка ПЦР включала в себя экстракцию ДНК из 100 мкл суспензий клещей (комплект реагентов для экстрак-

ции РНК/ДНК «РеалБест экстракция 100») с последующей детекцией ДНК-маркера с использованием ПЦР-тестов «РеалБест ДНК *Borrelia burgdorferi sensu lato*», «РеалБест ДНК *Borrelia miyamotoi*», «РеалБест ДНК *Anaplasma phagocytophilum* / *Ehrlichia muris*, *E. chaffeensis*», «РеалБест ДНК *Rickettsia sibirica* / *Rickettsia heilongjiangensis*». Амплификацию нуклеиновых кислот проводили методом ОТ-ПЦР в режиме Real Time на термоциклере «CFX 96».

Статистическую обработку полученных результатов (метод расчета стандартной ошибки выборки SE для оценки доли качественного признака в генеральной совокупности и метод доверительных интервалов для генеральной доли (относительной величины p) осуществляли с помощью программы Microsoft Excel (2013).

Результаты. Среди переносчиков, удаленных после присасывания к человеку на территории Хабаровского края в 2017–2024 гг., 76,0 % (95 % ДИ: 75,4–76,6 %) составили клещи рода *Ixodes*, клещи рода *Haemaphysalis* – 7,6 % (95 % ДИ: 7,2–7,9 %), клещи рода *Dermacentor* – 3,1 % (95 % ДИ: 2,9–3,4 %), клещи без уточнения рода – 13,3 % (95 % ДИ: 12,9–13,9 %) (рисунок). Максимум численности клещей родов *Ixodes* и *Haemaphysalis* приходился на май–июнь, для клещей рода *Dermacentor* пики показателей пришлись на май и сентябрь–октябрь. Стоит отметить, что для клещей рода *Ixodes* было характерно значительное увеличение числа нападений от 901 случая в апреле до 4987 случаев в мае – июне с последующим снижением до 1440 в июле и 251 в августе. Ввиду того что значительное число лиц, пострадавших от присасывания клещей, могут удалить их самостоятельно без обращения в медицинскую организацию (МО), реальное число лиц, пострадавших от их нападений, очевидно, больше регистрируемого.

В результате исследования напивавшихся клещей на наличие антигена ВКЭ в 2017–2024 гг. установлено, что среднееголетний показатель выявляемости составил 1,6 % (95 % ДИ: 1,4–1,7 %) (266 из 16 893 проб) с колебаниями от 0,93 % (95 % ДИ: 0,6–1,3 %) в 2019 г. до 2,3 % (95 % ДИ: 1,6–2,9 %) в 2023 г.

Генетический материал возбудителей ИКБ – боррелий комплекса *B. burgdorferi s. l.* – был выявлен в 3047 из 7776 проб (39,2 %; 95 % ДИ: 38,1–40,3 %). С апреля по июль был отмечен статистически значимый рост показателей выявляемости ДНК *B. burgdorferi s. l.* – от 35,4 % (95 % ДИ: 31,9–38,8 %) и до 44,1 % (95 % ДИ: 40,9–47,2 %) ($t = 3,68, p < 0,05$), затем следовало снижение показателя к концу эпидемического сезона (табл. 1). Необходимо отметить, что, согласно данным С.А. Рудаковой и соавт. (2025), в 2024 г. на территории Российской Федерации инфицированность боррелиями клещей *I. persulcatus*, собранных в природных станциях, составила 46,2 % [13]. На территории Хабаровского края инфицированность иксодовых клещей, собранных с растительности в 2022–2023 гг., составила 38,0 % (95 % ДИ: 33,38–42,69 %) [14].

В 2017–2024 гг. ДНК *B. miyamotoi* была обнаружена в 144 из 2187 проб (6,6 %; 95 % ДИ: 5,5–7,6 %).

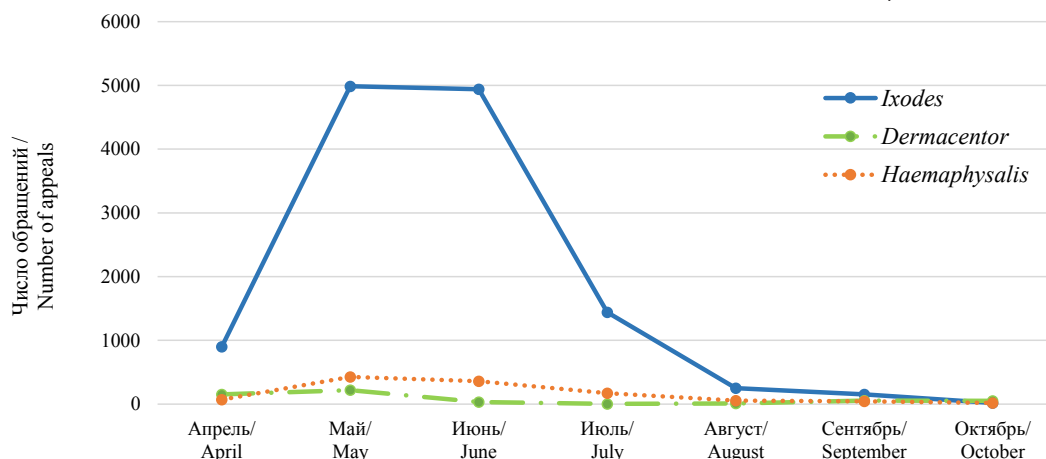


Рисунок. Помесячная динамика обращаемости населения с целью исследования иксодовых клещей, удаленных после присасывания в эпидемические сезоны 2017–2024 гг.

Figure. Monthly dynamics of the number of attached ixodid ticks removed from humans and tested during the epidemic seasons of 2017–2024

Самый высокий уровень заражения (9,2 %; 95 % ДИ: 7,0–11,3 %) наблюдался в мае. Далее последовало статистически значимое снижение этих показателей до 1,8 % в июле (95 % ДИ: 0,2–3,3 %) ($t = 5,54, p < 0,05$) и ростом до 4,9 % (95 % ДИ 0,7–9,1 %) в августе, с последующим снижением до 0 случаев в октябре (табл. 1).

ДНК *A. phagocytophilum* в 2017–2024 гг. была обнаружена в 142 из 2306 проб (6,2 %; 95 % ДИ: 5,2–7,1 %). Пик выявляемости пришелся на июнь и составил 8,7 % (95 % ДИ: 6,8–10,6 %), в июле генетический материал возбудителя был выявлен в 7,5 % (95 % ДИ: 4,6–10,3 %) случаев. За этим последовало постепенное снижение уровня выявления до 2 случаев в сентябре (2,5 %; 95 % ДИ: 0–5,8 %) и 1 случая в октябре (3,4 %; 95 % ДИ: 0–10,0 %).

Генетический материал возбудителей МЭЧ был обнаружен в 5,7 % (95 % ДИ: 4,8–6,7 %) (132 из 2306) проб. Несмотря на максимальный показатель в июне (8,1 %; 95 % ДИ 6,3–9,9 %), статистически значимых различий в выявлении ДНК *E. muris* / *E. chaffeensis* в течение эпидемического сезона не наблюдалось (табл. 1).

За исследуемый период ДНК *R. sibirica* была выявлена в 7 из 1869 проб (0,4 %; 95 % ДИ: 0,1–

0,7 %), ДНК *R. heilongjiangensis* – в 21,5 % (95 % ДИ: 19,6–23,4 %) (402 из 1869 проб). Пик показателей в 40,0 % (95 % ДИ: 33,6–45,8 %) был зафиксирован в июле. За этим следовало снижение до 18,2 % (95 % ДИ: 2,06–34,3 %) к концу эпидемического сезона.

В результате исследований, проведенных в эпидемический сезон 2017–2024 гг., у 504 из 16 863 (3,0 %; 95 % ДИ: 2,7–3,2 %) исследованных иксодовых клещей было выявлено микст-инфицирование возбудителями КТИ (табл. 2).

Как продемонстрировано в табл. 2, микст-инфицирование возбудителями КТИ было обнаружено у клещей рода *Ixodes* в 3,4 % (95 % ДИ: 3,08–3,7 %), у клещей рода *Dermacentor* – в 3,03 % (95 % ДИ: 1,6–4,5 %), у клещей рода *Haemaphysalis* – в 2,4 % (95 % ДИ: 1,6–3,3 %) случаев от числа исследованных клещей каждого рода. При этом многокомпонентное инфицирование (четырьмя и более возбудителями) отмечено только для клещей рода *Ixodes*. Следует отметить, что за исследуемый период наблюдения не было обнаружено микст-инфицирования клещей вирусом КЭ и *A. phagocytophilum*. Микст-инфицирование *B. miyamotoi* + *A. phagocytophilum* было отмечено только в 2024 г. и лишь у клещей рода *Haemaphysalis*.

Таблица 1. Помесячная динамика удельного веса (в %) ДНК возбудителей КТИ, выявленных в иксодовых клещах в эпидемические сезоны 2017–2024 гг. (суммарно)

Table 1. Monthly dynamics of the proportion of tick-borne pathogen DNAs detected in ixodid ticks during epidemic seasons of 2017–2024 (total, in %)

Название возбудителей / Name of pathogens	Период / Period						
	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Сентябрь / September	Октябрь / October
ДНК <i>B. burgdorferi</i> s. l. / DNA <i>B. burgdorferi</i> s. l.	35,4	40,1	41,5	44,1	26,2	10,1	2,6
ДНК <i>B. miyamotoi</i> / DNA <i>B. miyamotoi</i>	6,6	9,2	6,9	1,8	4,9	0	0
ДНК <i>A. phagocytophilum</i> / DNA <i>A. phagocytophilum</i>	4,4	3,8	8,4	7,5	3,6	2,5	3,4
ДНК <i>E. muris</i> / <i>E. chaffeensis</i> / DNA <i>E. muris</i> / <i>E. chaffeensis</i>	4,4	4,6	8,1	4,5	1,2	4,9	0
ДНК <i>R. sib</i> / <i>heilongjiangensis</i> / DNA <i>R. sib</i> / <i>heilongjiangensis</i>	4,9	18	25,6	39,5	18,6	21,1	18,2

Таблица 2. Микст-инфицирование иксодовых клещей разных родов в 2017–2024 гг.
Table 2. Combinations of pathogens detected in ixodid ticks of different genera in 2017–2024

№ пп	Маркеры возбудителей / Pathogen markers	Род клещей / Genera of ticks		
		<i>Ixodes</i>	<i>Dermacentor</i>	<i>Haemaphysalis</i>
1	ВКЭ + <i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
2	ВКЭ + <i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i>	+	–	–
3	ВКЭ + <i>B.b.s.l.</i>	+	–	+
4	ВКЭ + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	–
5	ВКЭ + <i>B.b.s.l.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
6	ВКЭ + <i>R.h.</i>	+	–	–
7	<i>B.b.s.l.</i> + <i>R.h.</i>	+	+	+
8	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i>	+	–	–
9	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
10	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>A.ph.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
11	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>E.m./E.ch.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
12	<i>B.b.s.l.</i> + <i>A.ph.</i>	+	+	–
13	<i>B.b.s.l.</i> + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	–
14	<i>B.b.s.l.</i> + <i>E.m./E.ch.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
15	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	–
16	<i>B.b.s.l.</i> + <i>A.ph.</i> + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	–
17	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>A.ph.</i>	+	–	+
18	<i>B.b.s.l.</i> + <i>A.ph.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
19	<i>B.m.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	+
20	<i>B.m.</i> + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	–
21	<i>B.m.</i> + <i>A.ph.</i>	–	–	+
22	<i>A.ph.</i> + <i>E.m./E.ch.</i>	+	–	+
23	<i>E.m./E.ch.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–
24	<i>A.ph.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	+
25	<i>B.b.s.l.</i> + <i>B.m.</i> + <i>A.ph.</i> + <i>E.m./E.ch.</i> + <i>R.h.</i>	+	–	–

Примечания: + – возбудитель обнаружен, – – возбудитель не обнаружен; *R.h.* – *Rickettsia heilongjiangensis*; *B.b.s.l.* – *Borrelia burgdorferi* s.l.; *B.m.* – *Borrelia miyamotoi*; *A.ph.* – *Anaplasma phagocytophilum*; *E.m./E.ch.* – *Ehrlichia muris/E.chaffeensis*.

Notes: + pathogen detected, – – pathogen not detected; *R.h.* – *Rickettsia heilongjiangensis*; *B.b.s.l.* – *Borrelia burgdorferi* s.l.; *B.m.* – *Borrelia miyamotoi*; *A.ph.* – *Anaplasma phagocytophilum*; *E.m./E.ch.* – *Ehrlichia muris/E.chaffeensis*.

Обсуждение. В природных биоценозах и селитебных зонах на территории Хабаровского края выявлено распространение шести видов иксодовых клещей семейства *Ixodidae*, принадлежащих к трем родам: *Ixodes* (*I. persulcatus*, *I. pavlovskyi*), *Haemaphysalis* (*H. japonica douglasi*, *H. concinna*) и *Dermacentor* (*D. silvarum*, *D. reticulatus*). Клещ *I. persulcatus* Schulze, 1930 отличается доминированием по численности и повышенной агрессивностью к человеку, что определяет его высокую эпидемиологическую значимость в передаче возбудителей КТИ населению.

Первые имаго *I. persulcatus* появляются в южных районах края в конце марта – начале апреля. Период активности клещей длится от 140 до 194 дней в зависимости от погодных условий текущего года. Вид встречается на всей территории края, за исключением Аяно-Майского района и Охотского муниципального округа. Численность *I. pavlovskyi* Romerantzhev, 1946, на основании данных ежегодного мониторинга, сравнительно невысока, поэтому эпидемиологическое значение вида в Хабаровском крае в настоящее время уточняется [15].

Клещи рода *Dermacentor* (*D. silvarum* Olenov, 1931 и *D. reticulatus* Fabricius, 1794) широко распространены в Приамурье, обитают в луговых стациях, обычны в кустарниках и на опушках леса. Для вида характерны два пика численности – в апреле и сентябре. Первые имаго клеща *H. concinna* Koch, 1844 появляются в конце апреля, период активности вида 127–197 дней. В Приамурье широко распространенный вид, обитающий в широколиственных лесах, зонах с кустарниковой растительностью, луговых стациях. Клещи этих видов менее агрессивны по отношению к человеку.

H. japonica douglasi Warburton, 1908 – типичный дальневосточный вид; занимает ограниченную территорию в Приамурье и встречается преимущественно в южных районах края. Число нападений на человека этого вида клещей ежегодно небольшое. Ареал входит в границы хвойно-широколиственной лесной зоны. Обычен в кустарниках и на вырубках¹.

Известно, что дальневосточный генотип обладает высокой нейро- и иммунотропностью. Поэтому отличительными чертами клещевого энцефалита в Хабаровском крае при относительно

¹ Медико-экологический атлас Хабаровского края и Еврейской автономной области / Под ред. В.И. Волкова. Хабаровск, 2005. 110 с.

небольшом числе зарегистрированных случаев всегда были особая тяжесть течения, высокая летальность, инвалидизация пациентов и склонность к хронизации заболевания [16, 17]. Данные многолетнего мониторинга показывают, что инфицированность ВКЭ иксодовых клещей, удаленных после присасывания к человеку, не превышает 2,3 % (95 % ДИ: 1,6–2,9 %). Низкие показатели регистрируемой заболеваемости, вероятно, обусловлены эффективной системой профилактики, включающей вакцинацию населения и экстренную серопрфилактику клещевого вирусного энцефалита.

Показатели зараженности иксодовых клещей возбудителями ИКБ и КР в природных очагах 39,2 % (95 % ДИ: 38,1–40,3 %) и 21,5 % (95 % ДИ: 19,6–23,4 %), соответственно, обуславливают высокую частоту в случае заболеваний среди населения Хабаровского края. Наибольшие показатели числа нападений на человека и инфицированности возбудителями КТИ были отмечены у вида *I. persulcatus* (76,0 %; 95 % ДИ: 75,4–76,6 %), что определяет его высокую эпидемиологическую значимость.

Инфицированность клещей возбудителями гранулоцитарного анаплазмоза человека (ГАЧ) и моноцитарного эрлихиоза человека (МЭЧ) не превышает 6,2 % (95 % ДИ: 5,2–7,1 %). С момента начала официальной регистрации (в 2013 г.) заболеваний в РФ в Хабаровском крае были зарегистрированы единичные случаи ГАЧ и МЭЧ. В то же время данные сероэпидемиологического мониторинга свидетельствуют о контакте населения края с возбудителями. Специфические иммуноглобулины к *A. phagocytophilum* были выявлены у 5,1 % (95 % ДИ: 2,9–7,2 %) и к *E. muris/E. chaffeensis* у 8,1 % (95 % ДИ: 5,4–10,8 %) случаев [18].

В результате исследования иксодовых клещей на наличие маркеров возбудителей КР в подавляющем большинстве случаев было выявлено инфицирование клещей возбудителем *R. heilongjiangensis* (21,5 %; 95 % ДИ: 19,6–23,4 %). Необходимо отметить, что в Хабаровском крае отдельная регистрация клещевых риккетсиозов, вызываемых *R. sibirica* и *R. heilongjiangensis*, не проводится и все случаи КР регистрируются как сибирский клещевой тиф (СКТ). Чаще всего диагноз устанавливается по клинико-эпидемиологическим показателям. При этом ввиду низкой выявляемости *R. sibirica* (0,4 %; 95 % ДИ: 0,1–0,7 %) в иксодовых клещах, исследованных в 2017–2024 гг., представляется логичным предположить, что в подавляющем большинстве случаев заболевание было вызвано именно *R. heilongjiangensis* [19].

В Хабаровском крае регистрируются случаи одновременного инфицирования клещей несколькими патогенами (3,0 %; 95 % ДИ: 2,7–3,2 %), что может приводить к микст-инфекции у людей, пострадавших от их присасывания. Доказано, что наличие возбудителей вирусной и бактериальной этиологии в клеще не вызывает взаимного негативного влияния возбудителей [4]. Поэтому микст-инфекции у заболевших могут иметь крайне тяжелое течение [5, 7].

Важно отметить, что в Приамурье показатели инфицированности иксодовых клещей возбудителя-

ми КТИ имеют территориальную неравномерность. Так, в Хабаровском крае данные показатели (за исключением ВКЭ) значительно превышают таковые на сопредельной территории Амурской области. Среднемноголетний уровень инфицированности клещей возбудителями ИКБ на территории области в период 2014–2023 гг. составил 6,26 % (95 % ДИ: 5,7–6,7 %); КР – 0,25 % (95 % ДИ: 0,1–0,3 %), ГАЧ – 0,15 % (95 % ДИ: 0,07–0,2 %), МЭЧ – 0,05 % (95 % ДИ: 0,01–0,09 %) [20–27]. Однако среднемноголетний показатель инфицированности клещей ВКЭ на территории Амурской области составил 2,3 % (95 % ДИ: 2,04–2,6 %), что оказалось статистически значимо выше уровня, установленного в Хабаровском крае ($t = 4,19; p < 0,05$).

Заключение. Данные ежегодного мониторинга инфицированности иксодовых клещей доказывают наличие и активность сочетанных природных очагов клещевых трансмиссивных инфекций на территории Хабаровского края. Для клещей вида *I. persulcatus* были отмечены высокие показатели числа нападений на человека и инфицированности возбудителями КТИ, что подтверждает его высокую эпидемиологическую значимость. Одновременное инфицирование клещей несколькими патогенами обуславливает возможность возникновения микст-инфекций у людей, пострадавших от присасывания клеща.

Результаты исследования подтверждают необходимость соблюдения мер неспецифической профилактики КТИ в период активности иксодовых клещей при посещении территорий лесного фонда, парковых зон, зон сохранения естественных ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погорелова Л.В., Голубева М.В., Погосова М.А., Мусаелян О.А. Природно-очаговые инфекции в практике педиатра. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет, 2022. 188 с.
2. Романова А.П., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Алейникова Н.В., Каравянская Т.Н. Ситуация по клещевым трансмиссивным инфекциям в Хабаровском крае в 2010–2019 гг. // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2020. № 39. С. 111–116.
3. Штрек С.В., Рудаков Н.В., Шпынов С.Н. и др. Эпидемиологическая ситуация по риккетсиозам и лихорадке Ку в Российской Федерации за период 2010–2023 гг., прогноз на 2024 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2024. № 3. С. 63–73. doi: 10.21055/0370-1069-2024-3-63-73
4. Берлизова М.В., Лубова В.А., Курловская А.В., Леонова Г.Н. Иксодовые клещи как переносчики возбудителей природно-очаговых заболеваний в эпидемический сезон 2017 г. на территории Приморского края // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2018. № 73. С. 4–12.
5. Ковальский А.Г., Полещук Д.Н., Светашева А.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О. Е., Пивоварова И.Г. Состояние популяций переносчиков и резервуарных хозяев возбудителей клещевых трансмиссивных инфекций на территории г. Хабаровска и пригородной зоны в 2020 году // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2021. № 40. С. 99–102.
6. Берсенев Ю.И. Национальный парк «Зов тигра» (краткий обзор) // Заповедные территории. 2020.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-84-91>
Original Research Article

- № 1. С. 125-137. doi: 10.25808/26186764.2020.69.47.006
7. Андаев Е.И., Никитин А.Я., Толмачёва М.И. и др. Эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в Российской Федерации за 2015–2024 гг. и краткосрочный прогноз заболеваемости на 2025 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2025. № 1. С. 6-17. doi: 10.21055/0370-1069-225-1-6-17
 8. Рудаков Н.В., Пеньевская Н.А., Кумпан Л.В. и др. Эпидемиологическая ситуация по риккетсиозам группы клещевой пятнистой лихорадки в Российской Федерации в 2012–2021 гг. и прогноз на 2022–2026 гг. Проблемы особо опасных инфекций. 2022. № 1. С. 54–63. doi: 10.21055/0370-1069-2022-1-54-63
 9. Василенко Н.Ф., Прислегина Д.А., Таран Т.В. и др. Особенности проявлений эпидемического процесса клещевых трансмиссивных инфекций на юге России в современный период. Эпидемиол. инфекц. болезни. Актуал. вопр. 2020. Т. 10. № 1. С. 14–20. doi: 10.18565/epidem.2020.10.1.14-20
 10. Прислегина Д.А., Малецкая О.В., Дубянский В.М., Таран Т.В., Платонов А.Е. Клещевые трансмиссивные инфекции на юге России: современная эпидемиологическая ситуация, новый подход к построению прогнозных и объясняющих моделей заболеваемости (на примере астраханской риккетсиозной и крымской геморрагической лихорадок) // Инфекция и иммунитет. 2023. Т. 13. № 3. С. 535-548. doi: 10.15789/2220-7619-TBI-2036
 11. Steinbrink A, Brugger K, Margos G, Kraiczky P, Klimpel S. The evolving story of *Borrelia burgdorferi sensu lato* transmission in Europe. *Parasitol Res.* 2022;121(3):781-803. doi: 10.1007/s00436-022-07445-3
 12. Eisen L. Vector competence studies with hard ticks and *Borrelia burgdorferi sensu lato* spirochetes: A review. *Ticks Tick Borne Dis.* 2020;11(3):101359. doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.101359
 13. Рудакова С.А., Теслова О.Е., Муталинова Н.Е. и др. Эпидемиологическая ситуация по иксодовым клещевым боррелиозам в Российской Федерации в 2010–2024 гг. и прогноз на 2025 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2025;(2):39-46. doi: 10.21055/0370-1069-2025-2-39-46
 14. Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Аушева Т.А. Видовое разнообразие возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов в клещах *Ixodes persulcatus* на территории Хабаровского края // Проблемы особо опасных инфекций. 2024;(2):70-75. doi: 10.21055/0370-1069-2024-2-70-75
 15. Драгомерецкая А.Г., Полещук Д.Н., Ковальский А.Г., Троценко О.Е., Белкина Н.В., Светашева А.В. Состояние популяций и инфицированность переносчиков возбудителей клещевых трансмиссивных инфекций в городской среде и пригородной зоне на примере г. Хабаровска // Дезинфекционное дело. 2022. № 2. С. 61-69. doi: 10.35411/2076-457X-2022-2-61-69
 16. Захарычева Т.А., Семенов В.А., Бондаренко Т.Е. и др. Современный клещевой энцефалит и другие клещевые инфекционные заболевания в Хабаровском крае и в Кемеровской области (Кузбассе) // Дальневосточный медицинский журнал. 2022. № 3. С. 6-12. doi: 10.35177/1994-5191-2022-3-1
 17. Лубова В.А., Шутикова А.Л., Леонова Г.Н. Трансмиссивные клещевые инфекции на юге Дальнего Востока // Санитарный врач. 2021. № 9. С. 33-41. doi: 10.33920/med-08-2109-03
 18. Драгомерецкая А.Г., Мжелская Т.В., Троценко О.Е., Романова А.П., Иванов Л.И., Высочина Н.П. Распространение на территории Хабаровского края возбудителей гранулоцитарного анаплазмоза человека и моноцитарного эрлихиоза человека // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2018. № 34. С. 38-42.
 19. Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Ковальский А.Г., Голобокова Е.В. Современная эпидемиологическая ситуация по клещевым риккетсиозам на территории Хабаровского края // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2021. № 40. С. 103-108.
 20. Бурдинская Е.Н., Натыкан Ю.А., Курганова О.П., Пшеничная Н.Ю., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е. Основные проявления клещевых трансмиссивных инфекций на территории Амурской области в 2014–2023 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 4. С. 65–74. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-4-65-74
 21. Мельникова О.В., Вершинин Е.А., Вержущая Ю.А. и др. Многолетний мониторинг системы клещ – возбудитель в природных очагах клещевого энцефалита пригородов Иркутска // Паразитология. 2021. Т. 55. № 3. С. 204-225. doi: 10.31857/S0031184721030029
 22. Kullberg BJ, Vrijmoeth HD, van de Schoor F, Hovius JW. Lyme borreliosis: Diagnosis and management. *BMJ.* 2020;369:m1041. doi: 10.1136/bmj.m1041
 23. Сироткин М.Б. Влияние экосистемных факторов на природные очаги иксодовых клещевых боррелиозов в связи с совершенствованием их эпидемиологического мониторинга // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2024. № 3. С. 35-45. doi: 10.33092/0025-8326mp2024.3.35-44
 24. Чичерина Г.С., Панов В.В., Бутакова Д.А. и др. Влияние климатических факторов на численность иксодовых клещей (Acari: ixodidae) в периоды высокого и низкого обилия (юго-восток западной Сибири) // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2024. № 4. С. 21-27. doi: 10.33092/0025-8326mp2024.4.21-27
 25. Бондаренко А.Л., Любезнова О.Н., Кропанев А.В., Кузнецова К.Н. Современная характеристика клещевого энцефалита // Журнал инфектологии. 2020. Т. 12. № 2. С. 36-37.
 26. Guérin M, Shawky M, Zedan A, et al. Lyme borreliosis diagnosis: State of the art of improvements and innovations. *BMC Microbiol.* 2023;23(1):204. doi: 10.1186/s12866-023-02935-5
 27. Захарычева Т.А., Мжелская Т.В., Троценко О.Е. и др. Клещевой энцефалит – история изучения в Хабаровском крае (к 85-летию открытия заболевания) // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2022. № 42. С. 31-38.

REFERENCES

1. Pogorelova LV, Golubeva MV, Pogosova MA, Musaelyan OA. [Natural Focal Infections in the Practice of a Pediatrician.] Stavropol: Stavropol State Medical University; 2022. (In Russ.)
2. Romanova AP, Dragomeretskaya AG, Trosenko OE, Aleinikova NV, Karavyanskaya TN. Epidemiological situation on tick-borne infections in the Khabarovsk Region in 2010-2019 years. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii.* 2020;(39):111-116. (In Russ.)
3. Shtrek SV, Rudakov NV, Shpynov SN, et al. Epidemiological situation on rickettsial diseases and Q fever in the Russian Federation over the period of 2010–2023, forecast for 2024. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2024;(3):63-73. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2024-3-63-73
4. Berlizova MV, Lubova VA, Kurlovskaya AV, Leonova GN. Iksodetic tongs as the carriage of the forgers of natural-focal diseases to the epidemic season 2017 in the territory of the Primorsk Region. *Zdorov'e. Meditsinskaya Ekologiya. Nauka.* 2018;(1(73)):4-12. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.1194868

5. Kovalsky AG, Poleshuk DN, Svetasheva AV, Dragomeretskaya AG, Trotsenko OE, Pivovarova IG. Status of transmitter populations and reservoir hosts of tick-borne transmissible infections in the Khabarovsk city and suburban zone territory in year 2020. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2021;(40):99-102. (In Russ.) doi: 10.25808/26186764.2020.69.47.006
6. Bersenev Yul. Zov Tigra National Park (short review). *Biota i Sreda Zapovednykh Territoriy*. 2020;(1):125-137. (In Russ.) doi: 10.25808/26186764.2020.69.47.006
7. Andaev EI, Nikitin AY, Tolmacheva MI, et al. Epidemiological situation on tick-borne viral encephalitis in the Russian Federation over the period of 2015–2024 and short-term incidence forecast for 2025. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2025;(1):6-17. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2025-1-6-17
8. Rudakov NV, Pen'evskaya NA, Kumpan LV, et al. Epidemiological situation on tick-borne spotted fever group rickettsioses in the Russian Federation in 2012–2021, prognosis for 2022–2026. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2022;(1):54–63. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2022-1-54-63
9. Vasilenko NF, Prislegina DA, Taran TV, et al. Features of manifestations of the epidemic process of tick-borne transmissible infections in the south of Russia in our times. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2020;10(1):14-20. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2020.10.1.14-20
10. Prislegina DA, Maletskaya OV, Dubyanskiy VM, Taran TV, Platonov AE. Tick-borne infections in the south of Russia: Modern epidemiological situation, new approach to create “forecasting” and “explaining” morbidity models (in Astrakhan rickettsiosis fever and Crimean-Congo hemorrhagic fever). *Infektsiya i Immunitet*. 2023;13(3):535-548. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-TBI-2036
11. Steinbrink A, Brugger K, Margos G, Kraiczky P, Klimpel S. The evolving story of *Borrelia burgdorferi* sensu lato transmission in Europe. *Parasitol. Res*. 2022;121(3):781-803. doi: 10.1007/s00436-022-0745-3
12. Eisen L. Vector competence studies with hard ticks and *Borrelia burgdorferi* sensu lato spirochetes: A review. *Ticks Tick Borne Dis*. 2020;11(3):101-359. doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.10.1359
13. Rudakova SA, Teslova OE, Mutalinova NE, et al. Review of the epidemiological situation on ixodidae tick-borne borrelioses in the Russian Federation in 2010–2024 and forecast for 2025. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2025;(2):39-46. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2025-2-39-46
14. Belkina NV, Dragomeretskaya AG, Trotsenko OE, Ausheva TA. Species Diversity of Ixodidae Tick-Borne Borrelioses Agents in Ixodes persulcatus Ticks in the Territory of the Khabarovsk Region. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii*. 2024;(2):70-75. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2024-2-70-75
15. Dragomeretskaya AG, Poleshuk DN, Kovalsky AG, Trotsenko OE, Belkina NV, Svetasheva AV. Condition of population and infection rate of tick-borne infections carriers in the settings of urban environment and rural zone in the case of Khabarovsk city. *Dezinfektsionnoe Delo (Disinfection Affairs)*. 2022;(2):61-69. (In Russ.) doi: 10.35411/2076-457X-2022-2-61-69
16. Zakharycheva TA, Semenov VA, Bondarenko TE, et al. Modern tic-borne encephalitis and other tic-borne infections in Khabarovsk Region and Kemerovsk region (Kuzbass). *Dal'nevostochnyy Meditsinskiy Zhurnal*. 2022;(3):6-12. (In Russ.) doi: 10.35177/1994-5191-2022-3-1
17. Lubova VA, Shutikova AL, Leonova GN. Transmissible tick-borne infections in the south of the Far East. *Sanitarnyy Vrach*. 2021;(9):33-41. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2109-03
18. Dragomeretskaya AG, Mzhelskaya TV, Trotsenko OE, Romanova AP, Ivanov LI, Vysochina NP. Distribution in the territory of Khabarovsk Territory of the formators of granulocyte anaplasmosis of human and monocytary herrychiosis of human. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2018;(34):38-42. (In Russ.)
19. Belkina NV, Dragomeretskaya AG, Trotsenko OE, Kovalsky AG, Golobokova EV. Current epidemiological situation on tick-borne rickettsiosis in the Khabarovsk Krai. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2021;(40):103-108. (In Russ.)
20. Burdinskaya EN, Natykan YuA, Kurganova OP, Pshenichnaya NYu, Dragomeretskaya AG, Trotsenko OE. General manifestations of tick-borne infections in the Amur Region in 2014–2023. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(4):65-74. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-4-65-74
21. Melnikova OV, Vershinin EA, Verzhutskaya YuA, et al. Long-term monitoring of the tick-pathogen system in natural foci of tick-borne encephalitis in the suburbs of Irkutsk. *Parazitologiya*. 2021;55(3):204-225. doi: 10.31857/S0031184721030029.
22. Kullberg BJ, Vrijmoeth HD, van de Schoor F, Hovius JW. Lyme borreliosis: Diagnosis and management. *BMJ*. 2020;369:m1041. doi: 10.1136/bmj.m1041
23. Sirotkin MB. The influence of ecosystem factors on natural foci of ixodid tick-borne borreliosis in connection with the improvement of their epidemiological monitoring. *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*. 2024;(3):35-45. (In Russ.) doi 10.33092/0025-8326mp2024.3.35-44
24. Chicherina GS, Panov VV, Butakova DA, Zinkina AS, Chicherina SD, Glupov VV. Influence of climatic factors on the number of Ixodid ticks (Acari: Ixodidae) during periods of high and low abundance (south-east of Western Siberia). *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*. 2024;(4):21-27. (In Russ.) doi: 10.33092/0025-8326mp2024.4.21-27
25. Bondarenko AL, Lyubeznova ON, Kropanev AV, Kuznetsova KN. [Modern characteristics of tick-borne encephalitis.] *Journal of Infectologii*. 2020;12(2S1):36-37. (In Russ.)
26. Guérin M, Shawky M, Zedan A, et al. Lyme borreliosis diagnosis: State of the art of improvements and innovations. *BMC Microbiol*. 2023;23(1):204. doi: 10.1186/s12866-023-02935-5
27. Zakharycheva TA, Mzhelskaya TV, Trotsenko OE, et al. Tick-borne encephalitis - history of study in the Khabarovsk Region (in connection with 85th anniversary of discovery of the disease). *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2022;(42):31-38. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ Белкина Надежда Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории клещевого энцефалита и других природно-очаговых инфекций отдела ПОИ; e-mail: hniiem-poi.labke@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1336-4260>.

Драгомерецкая Анна Геннадьевна – к.б.н., заведующий отделом природно-очаговых инфекций; e-mail: poi_hniiem@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1829-1849>.

Троценко Ольга Евгеньевна – д.м.н., директор, e-mail: trotsenko_oe@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-10-84-91>
Original Research Article

Аушева Татьяна Антоновна – младший научный сотрудник лаборатории клещевого энцефалита и других природно-очаговых инфекций отдела ПОИ; e-mail: hniiem-poi.labke@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1448-6560>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е.*; анализ и интерпретация результатов: *Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Аушева Т.А.*; обзор литературы: *Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г.*, подготовка рукописи: *Белкина Н.В., Драгомерецкая А.Г., Троценко О.Е., Аушева Т.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 24.07.25 / Принята к публикации: 06.10.25 / Опубликовано: 31.10.25

Author information:

✉ Nadezhda V. **Belkina**, Junior Researcher, Laboratory of Tick-Borne Encephalitis and Other Natural Focal Infections, Department of Natural Focal Infections; e-mail: hniiem-poi.labke@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1336-4260>.

Anna G. **Dragomeretskaya**, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Department of Natural Focal Infections; e-mail: poi_hniiem@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1829-1849>.

Olga E. **Trotsenko**, Dr. Sci. (Med.); Director, e-mail: trotsenko_oe@hniiem.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3050-4472>.

Tatyana A. **Ausheva**, Junior Researcher, Laboratory of Tick-Borne Encephalitis and Other Natural Focal Infections, Department of Natural Focal Infections; e-mail: hniiem-poi.labke@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1448-6560>.

Author contributions: study conception and design: *Belkina N.V., Dragomeretskaya A.G., Trotsenko O.E.*; analysis and interpretation of results: *Belkina N.V., Dragomeretskaya A.G., Ausheva T.A.*; bibliography compilation and referencing: *Belkina N.V., Dragomeretskaya A.G.*, draft manuscript preparation: *Belkina N.V., Dragomeretskaya A.G., Trotsenko O.E., Ausheva T.A.* 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: July 24, 2025 / Accepted: October 6, 2025 / Published: October 31, 2025

Хабаровскому научно-исследовательскому институту эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора 100 лет

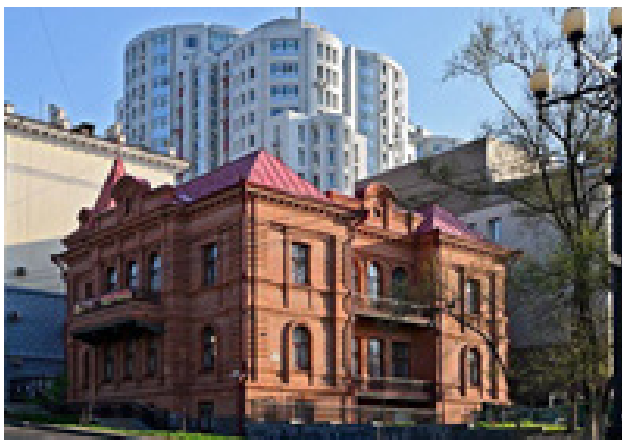


Фото административного корпуса

Дальневосточный областной санитарно-бактериологический институт, ставший первым научно-исследовательским медицинским учреждением на востоке страны, был создан Решением Президиума Дальревкома (Протокол № 48 от 30 октября 1925 г.) через три года после освобождения Дальнего Востока от интервентов.

Для борьбы с эпидемиями институт развернул производство бактериальных, вирусных препаратов и стал заниматься актуальными вопросами противоэпидемической науки. В 1929 году институт производил выпуск биопрепаратов 12 наименований. В 1934 году Дальневосточный областной санитарно-бактериологический институт переименован в Дальневосточный институт эпидемиологии и микробиологии.

С 1929 г., когда в таежных поселениях Дальнего Востока стали регистрироваться вспышки тяжелого энцефалита среди работников лесопромышленной отрасли, институт оперативно включился в изучение заболевания, предположив роль клещестоногих в передаче инфекции. В 1937–1939 гг. успешному изучению нового заболевания под названием «клещевой энцефалит» способствовали научные экспедиции Наркомздрава, происходившие в том числе с активным участием специалистов Дальневосточного института эпидемиологии и микробиологии.

В 30-е годы сотрудники института стояли у истоков открытия еще одного заболевания – дальневосточной сыпной клещевой лихорадки (клещевого сыпного тифа).

В годы Великой Отечественной войны деятельность института была подчинена интересам фронта и предупреждению распространения эпидемий в тылу. Возросло производство противостолбнячной и противогангренозной сывороток, столбнячного анатоксина, кишечных вакцин, продолжались научные исследования. Самоотверженный труд сотрудников учреждения был отмечен государственной наградой – медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

В послевоенный период в 1946 г. Дальневосточный институт эпидемиологии и микробиологии переименован в Хабаровский краевой институт эпидемиологии и гигиены, а в 1949 г. переведен из краевого в республиканское подчинение – Минздраву РСФСР. Значительное число научных исследований института в эти годы имели «пионерное» значение, в частности по клещевому вирусному энцефалиту, гельминтозам, лихорадке цуцугамуши, малярии, сибирской язве.

В 1949 году в институте открывается первая на Дальнем Востоке вирусологическая лаборатория, на базе которой в 1953 году создается отдел природно-очаговых инфекций. Создателем вирусологической службы была Лия Абрамовна Верета, ставшая известным вирусологом, доктором медицинских наук, профессором, основателем школы вирусологов на Дальнем Востоке. В 70-е годы прошлого столетия под руководством Л.А. Верета с целью экстренной профилактики клещевого вирусного энцефалита создан специфический противозенцефалитный иммуноглобулин для внутримышечного введения и осуществлен его производственный выпуск. В 1992–1997 гг. с лечебной целью учениками Л.А. Верета сконструирован противозенцефалитный иммуноглобулин для внутривенного введения. Был также разработан метод ранней доклинической диагностики клещевого энцефалита в инкубационном периоде. Сотрудниками природно-очагового отдела института получены уникальные фундаментальные данные о генофонде вируса клещевого энцефалита в Дальневосточном регионе, выполнены государственные клинические испытания препарата «Иммуноглобулин человека против ГЛПС, вызываемого вирусом Хантаан», разработана научно-техническая документация на препарат.

С августа 1960 г. институт переименован в Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Министерства здравоохранения РСФСР. В это время в институте функционировали научные лаборатории гельминтологии, эпидемиологии, трансмиссивных вирусных инфекций, медицинской зоологии и борьбы с гнусом.

В результате организации в СССР службы диагностики и профилактики ВИЧ-инфекции на базе института в 1989 г. создан Дальневосточный окружной центр по борьбе и профилактике СПИД, который возглавил доктор мед. наук, профессор, член-корреспондент РАЕН Владислав Владимирович Богач, позднее ставший директором института вплоть до 2006 г. Именно он стал основателем и первым главным редактором рецензируемого научно-практического журнала «Дальневосточный журнал инфекционной патологии», издаваемого институтом с 2002 г. по настоящее время.

С 2005 года Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии находится в ведении Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора). Благодаря инициативе Роспотребнадзора в институте с 2006



Фото нового корпуса института

года начинает функционировать Дальневосточный региональный научно-методический центр по изучению энтеровирусных инфекций, призванный осуществлять научный эпидемиологический анализ заболеваемости, мониторинг циркуляции энтеровирусов и оказывать консультативную помощь в профилактике энтеровирусной инфекции учреждениям Дальневосточного и Сибирского федеральных округов.

Роспотребнадзором принят ряд мер по развитию и укреплению института. Так, в период с 2007 по 2012 г. произошла значительная модернизация учреждения, в результате которой введен в эксплуатацию новый лабораторно-поликлинический комплекс, оснащенный современным высокотехнологическим оборудованием, что дало институту возможность совершенствовать и развивать новые направления научно-практической деятельности. Приказом Роспотребнадзора от 27 ноября 2012 г. № 1125 в институте создан Региональный научно-методический центр по мониторингу за возбудителями инфекционных болезней Дальневосточного федерального округа Российской Федерации, функционирование которого способствует совершенствованию санитарно-противоэпидемических мероприятий в стратегически важном регионе страны.

В 2013 г. во взаимодействии с учреждениями Роспотребнадзора значимым направлением института стало предупреждение и ликвидация эпидемических последствий крупномасштабного наводнения в Приамурье. В 2020 г. коррективы в деятельность института внесла и пандемия новой коронавирусной инфекции. Институт был определен Роспотребнадзором в качестве одной из 15 опорных баз по молекулярно-генетической диагностике COVID-19. В это сложное время институт стал и центром обучения медицинского персонала Дальнего Востока по соблюдению мер биологической безопасности при проведении лабораторных исследований на SARS-CoV-2.

После окончания пандемии COVID-19 институт продолжает активно развивать научные исследования в области эпидемиологии, диагностики и профилактики инфекций, актуальных для восточной части страны.

Так, в период угасания новой коронавирусной инфекции и в настоящее время институт развивает исследования по изучению спектра возбудителей пневмоний и условий формирования лекарственной устойчивости бактерий. Полученные в ходе исследования материалы о свойствах, значимости патогена и приемах микробиологической диагностики позволяют оптимизировать поиск новых возбудителей из категории неферментирующих грамотрицательных бактерий. Изучение антагонистической активности бактериальных патогенов дает возможность выявить преимущества отдельных сочленов микробных ассоциаций, обладающих повышенной активностью, и определить их приоритетное распространение как бактериальных возбудителей пневмоний. Проводится постоянная работа по наполнению «Национального электронного каталога патогенных микроорганизмов и токсинов» штаммами приоритетных возбудителей пневмоний. Для всех штаммов готовятся подробные фенотипические характеристики и проводится полногеномное секвенирование.

В субъектах Дальнего Востока и Восточной Сибири при участии института внедрены усовершенствованные технологии оказания научно-практической помощи, которые опираются на знание эпидемиологической ситуации по энтеровирусным инфекциям и молекулярно-генетических характеристик энтеровирусов, циркулирующих на каждой конкретной территории.

Своевременное выявление признаков неблагополучия позволяет оперативно прогнозировать ситуацию в субъекте и проводить комплекс необходимых мероприятий для предотвращения эпидемических вспышек энтеровирусной инфекции.

Институтом совместно с учреждениями Роспотребнадзора Дальнего Востока осуществляется постоянный анализ вспышечной заболеваемости острыми кишечными инфекциями. Эпидемиологическое расследование вспышек, проводимое с участием института, позволяет установить условия и факторы, способствующие возникновению вспышечной заболеваемости.

Помимо изучения региональных особенностей проявлений эпидемических процессов ВИЧ-инфекции и вирусных гепатитов, институт на молекулярно-генетическом уровне проводит высокотехнологичные исследования по выявлению мутаций, вызывающих резистентность ВИЧ-1 и вируса гепатита С к лекарственным препаратам, что особенно необходимо для корректного подбора лечебных средств и повышения эффективности терапии пациентов с данными инфекциями.

Существенной направленностью паразитологических исследований, проводимых институтом в последние годы, стало изучение ихтио- и малакофауны Амура и его притоков на предмет зараженности рыбы и моллюсков личиночными стадиями дальневосточных трематод, что необходимо для предупреждения передачи паразитарных заболеваний людям через рыбопродукты. В результате исследований институт разработал и получил патентную защиту новый «Способ оценки зараженности лососеобразных рыб метацеркариями *N. s. Schikhobalowi*», который был удостоен золотой медали конкурса «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года».

Институт, имея многолетний опыт слежения за эпизоотической ситуацией в природных очагах, изучает степень зараженности клещей и комаров – переносчиков возбудителей трансмиссивных и паразитарных заболеваний. В результате анализа накопленного опыта определены характерные эпидемиологические и диагностические критерии клещевых инфекций на современном этапе, которые легли в основу монографии «Дальневосточный клещевой энцефалит вчера, сегодня, завтра».

Значительная часть выполняемой научно-исследовательской работы института осуществляется в тесном взаимодействии с учреждениями Роспотребнадзора и Министерства здравоохранения, Дальневосточным государственным медицинским университетом, научно-исследовательскими институтами Роспотребнадзора эпидемиологического профиля. Результаты таких совместных исследований находят отражение в научных публикациях и изданиях.

Важнейшими приоритетами деятельности института являются обеспечение преемственности поколений ученых, предоставление возможности молодым ученым реализовать свои научные разработки и идеи, подготовка творчески ориентированных, высокообразованных специалистов, настоящих профессионалов в сфере науки.

В заключение необходимо отметить, что за вековой период своего существования в институте неоднократно менялись названия и подчиненность учреждения, проходили изменения в кадровом составе, но всегда неизменной была и остается главная задача института – научное обеспечение противоэпидемической защиты населения.

Памяти Константина Исааковича Эллера



5 октября 2025 года на 84-м году жизни скончался наш коллега – заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», доктор химических наук, профессор Константин Исаакович Эллер.

Блестящий ученый, выдающийся химик – выпускник факультета тонкого органического синтеза Московского института тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, он проработал в Институте питания более 50 лет, прошел замечательный путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией.

Константин Исаакович был одним из основоположников использования современных физико-химических методов анализа в оценке качества и безопасности пищевых продуктов. Результаты его научных работ легли в основу множества методических указаний и рекомендаций для санитарных врачей по определению различных загрязнителей пищевых продуктов, среди которых микотоксины, полихлорированные бифенилы, биогенные амины, пестициды, а также показателей пищевой ценности и подлинности пищевых продуктов. Автор более 150 научных работ, в том числе патентов на изобретения, методических и нормативных документов в области качества и безопасности пищевых продуктов,

особенно соковой продукции и БАД к пище. По методам, разработанным при его участии, в России и ближнем зарубежье по настоящее время проводятся тысячи измерений.

Профессор Эллер был талантливым педагогом, лектором, в течение многих лет занимался повышением квалификации специалистов органов и организаций Роспотребнадзора, с 2011 по 2016 год был заведующим кафедрой гигиены питания ФГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России. Он являлся учителем и наставником молодых ученых, щедро делился своими знаниями и душевным теплом, под его руководством 16 аспирантов и соискателей защитили кандидатские диссертации.

Константина Исааковича всегда отличала надежность, огромная ответственность и педагогическое отношение к делу, которому он отдал всю свою жизнь. Признанный лидер в своей области науки, он всегда оставался открытым человеком, за помощью и поддержкой к которому шли все – от студентов и аспирантов до докторов и лидеров промышленности. Никто из обратившихся к нему людей не встречал отказа.

Светлая память об Эллере Константине Исааковиче будет жить в его делах и останется в сердцах всех, кто его знал и ценил.

Выражаем глубочайшие соболезнования семье и близким Константина Исааковича.

Коллектив ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»