



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

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

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

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Established in 1993

№7

Том 32 · 2024

Vol. 32 · 2024

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

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

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

Москва • 2024

Здоровье населения и среда обитания – *ЗНСО*

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 32 № 7 2024

Выходит 12 раз в год
Основен 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 потребите-
лей и благополучия человека

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 ЦЦГиЭ Роспотребнадзора,
2024

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 ЦЦГиЭ 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 ЦЦГиЭ 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 ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

Е.В. Ануфриева д.м.н., доц.; заместитель директора по научной работе ГАУ ДПО «Уральский институт (научный редактор) правления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский внештатный 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 ФГАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

Н.А. Бокарева д.м.н., доц.; профессор кафедры гигиены педиатрического факультета ФГАУ 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 ФГАУ 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 ЦЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

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

Н.А. Лебедева-Несевря д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФНЦГ 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-профилактическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

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

Н.В. Полунина	д.м.н., проф., акад. РАН; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения имени академика Ю.П. Лисицына педиатрического факультета ФGAOY BO «PНИМУ 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 ФБГБН «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 ФБГБН «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 ФGAOY BO «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 эволюции биокommunikации ФБГБН «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 ФБГБН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФGAOY BO 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 ФБГБН «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 ФGAOY BO «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
М.Ю. Щелканов	д.б.н., доц., директор ФБГБН «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 ФGAOY BO «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 ФБГБН «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Амрин	к.м.н., доц.; заведующий лабораторией профилактической медицины, гигиены и экологии Филиала «Научный центр гигиены и эпидемиологии имени Хамзы Жуматова» РГП на ПХВ «Национальный центр общественного здравоохранения» Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)
К. Баждарич	доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)
А.Т. Досмухаметов	к.м.н., руководитель Управления международного сотрудничества, менеджмента образовательных и научных программ Филиала «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологического экспертизы и мониторинга» (НПЦ СЭЭИМ) РГП на ПХВ «Национального Центра общественного здравоохранения» (НЦОЗ) Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)
В.С. Глушанко	д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПК и ПК, профессор учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» Министерства здравоохранения Республики Беларусь (г. Витебск, Республика Беларусь)
М.А. оглы Казимов	д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку, Азербайджан)
Ю.П. Курхинен	д.б.н.; 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 ученый лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)
Ю.О. Удланд	доктор философии (мед.), профессор глобального здравоохранения, Норвежский университет естественных и технических наук (г. Тронхейм, Норвегия); ведущий научный сотрудник института экологии НИУ ВШЭ (г. Москва, Российская Федерация)
Г. Ханн	доктор философии (мед.), профессор; председатель общественной организации «Форум имени Р. Коха и И.И. Мечникова», почетный профессор медицинского университета Шарите (г. Берлин, Германия)
А.М. Цацакис	доктор философии (органическая химия), доктор наук (биофармакология), профессор, иностранный член Российской академии наук, полноправный член Всемирной академии наук, почетный член Федерации европейских токсикологов и европейских обществ токсикологии (Eurotox); заведующий кафедрой токсикологии и судебно-медицинской экспертизы Школы медицины Университета Крита и Университетской клиники Ираклиона (г. Ираклион, Греция)
Ф.-М. Чжан	д.м.н., заведующий кафедрой микробиологии, директор Китайско-российского института инфекции и иммунологии при Харбинском медицинском университете; вице-президент Хэйлунцзянской академии медицинских наук (г. Харбин, Китай)

Здоровье населения и среда обитания – ЗНЦО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 32 № 7 2024

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 ЗНЦО допускается только с письменного разрешения учредителя и издателя – ФБУЗ ЦГГиЗ Роспотребнадзора.
При использовании материалов ссылка на журнал ЗНЦО обязательна.

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

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

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

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

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

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

Опубликовано 31.07.2024
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 10,25
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 7–82

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

© ФБУЗ ЦГГиЗ Роспотребнадзора, 2024

Zdorov'e Naseleniya
i Sreda Obitaniya –
ZNiSO

Public Health and Life
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 32, Issue 7, 2024

Established in 1993

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

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

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

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

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

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

© FBHI Federal Center for
Hygiene and Epidemiology of
Rospotrebnadzor, 2024

EDITORIAL BOARD

Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation	
Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief Cand. Sci. (Med.); Senior Lecturer of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation	
Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief (Scientific Editor) Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Head of the Department of Microbiological Methods of Environmental Research, Institute of Complex Problems of Hygiene, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Moscow, Russian Federation	
Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary Cand. Sci. (Med.); Deputy Head of the Department for Educational and Editorial Activities, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation	
Vasily G. Akimkin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
Elena V. Anufrieva (Scientific Editor)	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation
Alexey M. Bolshakov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation
Nina V. Zaitseva	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation
Olga Yu. Milushkina	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Nikolai V. Rudakov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation
Olga E. Trotsenko	Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin	Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichevsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Alexander V. Alekhnovich	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Balakhonov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation
Natalia A. Bokareva	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Evgeniy L. Borshchuk	Dr. Sci. (Med.), Professor; 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 Polyomielitis), Moscow, Russian Federation
Sergey N. Kiselev	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation
Oleg V. Klepikov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geocology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
Victor T. Komov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation
Eduard I. Korenberg	Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir M. Korzun	Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation
Elena A. Kuzmina	Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir V. Kutyrev	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation
Natalia A. Lebedeva-Neseyra	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

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

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

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

Zdorov'e Naseleniya
i Sreda Obitalaniya –
ZNiSO

Public Health and Life
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 32, Issue 7, 2024

Established in 1993

All rights reserved. Reprinting and any reproduction of materials and illustrations in printed or electronic form is allowed only with the written permission of the founder and publisher – FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. A reference to the journal is required when quoting.

Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. Advertisers are solely responsible for the contents of advertising materials.

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

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

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

The journal is distributed by
subscription.
"Ural-Press" Agency Catalog
subscription index – 40682
Articles are available at <https://www.elibrary.ru>
Subscription to the electronic
version of the journal at <https://www.elibrary.ru>
For advertising in the journal,
please write to zniso@fcgie.ru.

Published: July 31, 2024
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 10.25
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda
Obitalaniya. 2024;32(7):7–82.

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

© FBHI Federal Center for
Hygiene and Epidemiology of
Rospotrebnadzor, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

- Попова А.Ю., Пеньковская Н.А., Зинич Л.С., Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Беднарская Е.В., Проскурнин Р.В., Тихонов С.Н. Результаты эпизоотологического мониторинга территорий Республики Крым и города Севастополя за 2015–2022 гг. 7
- Клейн С.В., Вековшинина С.А., Балашов С.Ю. Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга 16

СОЦИОЛОГИЯ МЕДИЦИНЫ

- Анников Ю.Г., Кром И.Л., Еругина М.В., Левченко К.К., Томников М.Д. Значение оценки качества жизни в контенте персонализированной реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы 27

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- Карманова Д.С., Боева Т.В., Кряжев Д.А., Боев В.М., Борщук Е.Л. Оценка развития метаболических нарушений при хроническом воздействии малых доз аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в эксперименте 34

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- Теплякова Н.В., Варфоломеева З.С., Поварова О.В., Черняева Е.А., Переверзева Ю.О. Особенности рациона, пищевых предпочтений и представлений школьников 11–12 лет о здоровом питании 40

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

- Кузьмин С.В., Русаков В.Н., Сетко А.Г., Синицына О.О. Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы) 49

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

- Слис С.С., [Носков А.К.], Кругликов В.Д. Санитарная охрана территории. Особенности динамики и интенсивности распространения ОРВИ в Ростовской области в период 2005–2022 гг. 58
- Мельникова Е.Н. Прогнозирование эпидемического процесса ВИЧ-инфекции инструментами ARIMA и Microsoft Excel 68
- Воронцова Т.В., Еремеева Н.И., Истомина Л.И., Новиков В.А., Демина Ю.В. Оценка вирулицидной эффективности средств бытовой химии 76

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

- Popova A.Yu., Penkovskaya N.A., Zinich L.S., Kovalenko I.S., Sitnikova A.L., Bednarskaya E.V., Proskurnin R.V., Tikhonov S.N. Results of epizootiological survey of the territories of the Republic of Crimea and Sevastopol in 2015–2022 7
- Kleyn S.V., Vekovshinina S.A., Balashov S.Yu. Practical experience of using the index of comparative health hazard to substantiate the list of pollutants for monitoring 16

MEDICAL SOCIOLOGY

- Annikov Yu.G., Krom I.L., Erugina M.V., Levchenko K.K., Tomnikov M.D. Importance of the quality of life assessment in the content of personalized rehabilitation of patients with consequences of traumatic brain injury 27

COMMUNAL HYGIENE

- Karmanova D.S., Boeva T.V., Kryazhev D.A., Boev V.M., Borshchuk E.L. Assessment of the development of metabolic disorders following chronic low-dose exposure to the amine salt of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in the animal experiment 34

PEDIATRIC HYGIENE

- Teplyakova N.V., Varfolomeeva Z.S., Povarova O.V., Chernyaeva E.A., Pereverzeva J.O. Characteristics of the diet, food preferences, and perceptions of healthy eating in 11–12-year-old schoolchildren 40

FOOD HYGIENE

- Kuzmin S.V., Rusakov V.N., Setko A.G., Sinitsyna O.O. Toxicological and hygienic aspects of the dietary cadmium intake and its human health effects: A literature review 49

EPIDEMIOLOGY

- Slis S.S., [Noskov A.K.], Kruglikov V.D. Sanitary protection of the territory: Specific aspects of the dynamics and intensity of the spread of viral respiratory infections in the Rostov Region in 2005–2022 58
- Melnikova E.N. Forecasting the epidemic process of HIV infection using ARIMA and Microsoft Excel tools 68
- Vorontsova T.V., Eremeeva N.I., Istomina L.I., Novikov V.A., Demina Yu.V. Evaluation of virucidal efficacy of household chemicals 76



Результаты эпизоотологического мониторинга территорий Республики Крым и города Севастополя за 2015–2022 гг.

А.Ю. Попова^{1,5}, Н.А. Пеньковская², Л.С. Зинич³, И.С. Коваленко³, А.Л. Ситникова³,
Е.В. Беднарская⁴, Р.В. Проскурнин⁴, С.Н. Тихонов³

¹ Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Вадковский пер., д. 18, строение 5 и 7, г. Москва, 27994, Российская Федерация

² Межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым и городу Севастополю, ул. Набережная, д. 67, г. Симферополь, 295034, Республика Крым, Российская Федерация

³ ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора, ул. Промышленная, д. 42, г. Симферополь, 295023, Республика Крым, Российская Федерация

⁴ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе», ул. Набережная, д. 67, г. Симферополь, 295034, Республика Крым, Российская Федерация

⁵ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, г. Москва, 125993, Российская Федерация

Резюме

Введение. Системное изучение природно-очаговых болезней Крымского полуострова после длительного промежутка времени возобновилось с 2015 г.

Цель исследования – уточнение границ и определение эпизоотологической активности природных очагов инфекционных болезней в Крыму, актуализация перечня возможных резервуарных хозяев, переносчиков, по результатам исследований 2015–2022 гг.

Материалы и методы. Учет и отлов мелких млекопитающих, иксодовых клещей и комаров, сбор погадок хищных птиц, отбор проб воды и другого зоолого-энтомологического материала проводился в Крыму в период с 2015 по 2022 г.

Результаты и обсуждение. По результатам эпизоотологического и эпизоотологического мониторинга Крымского полуострова положительные пробы в отношении туляремии инфекции выявлены на территории 14 административных образований, лептоспирозов – 21, хантавирусов – 12, клещевого энцефалита – 2, Крымской Конго геморрагической лихорадки – 7, иксодовых клещевых боррелиозов – 21, лихорадки Западного Нила – 3, Ку-лихорадки – 2, Марсельской лихорадки – 6, моноцитарного эрлихиоза – 1, гранулоцитарного анаплазмоза – 8. Выявлен новый хантавирус на территории Ленинского района. Положительные находки маркеров вируса Крымской Конго геморрагической лихорадки регистрировались не только у основного переносчика, но и в других видах иксодовых клещей. Реальные границы природных очагов иксодовых клещевых боррелиозов в Крыму значительно шире и регистрируются как в лесной, так и в степной зоне. Выявлена на территории южного берега Крыма устойчивая воспроизводящаяся популяция эпидемически значимых комаров *Ae. albopictus*.

Заключение. На основании полученных данных уточнены границы и подтверждена активность природных очагов инфекционных болезней в 2015–2022 гг., актуализированы источники инфекций, резервуарные хозяева и переносчики, сформирован Перечень энзоотичных (эндемичных) территорий Крыма, на которых выявлена циркуляция возбудителей инфекций, общих для человека и животных, по результатам исследований полевого материала с 2015 по 2022 г., что позволит принимать управленческие решения по профилактике природно-очаговых инфекций

Ключевые слова: эпизоотологический мониторинг, природно-очаговые инфекции, Крым.

Для цитирования: Попова А.Ю., Пеньковская Н.А., Зинич Л.С., Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Беднарская Е.В., Проскурнин Р.В., Тихонов С.Н. Результаты эпизоотологического мониторинга территорий Республики Крым и города Севастополя за 2015–2022 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-7-15

Results of Epizootiological Survey of the Territories of the Republic of Crimea and Sevastopol in 2015–2022

Anna Yu. Popova,^{1,5} Nataliya A. Penkovskaya,² Lilia S. Zinich,³ Irina S. Kovalenko,³ Alexandra L. Sitnikova,³
Elena V. Bednarskaya,⁴ Roman V. Proskurnin,⁴ Sergey N. Tikhonov³

¹ Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Bldgs 5 & 7, 18 Vadkovsky Lane, Moscow, 127994, Russian Federation

² Interregional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Republic of Crimea and Sevastopol, 67 Naberezhnaya Street, Simferopol, Republic of Crimea, 295034, Russian Federation

³ Anti-Plague Station of the Republic of Crimea, 42 Promyshlennaya Street, Simferopol, Republic of Crimea, 295023, Russian Federation

⁴ Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, 67 Naberezhnaya Street, Simferopol, Republic of Crimea, 295034, Russian Federation

⁵ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 2/1 Barrikadnaya Street, Moscow, 125993, Russian Federation

Summary

Introduction: Systematic studies of endemic zoonotic diseases on the Crimean Peninsula resumed in 2015 after a long break.

Objective: To specify boundaries and determine epizootiological activity of the natural foci of infectious diseases in the Crimea and to update the list of possible reservoir hosts and vectors based on the results of field studies conducted in 2015–2022.

Materials and methods: Counting and trapping of small mammals, ixodid ticks and mosquitoes, collecting of pellets of birds of prey, sampling of water and other zoological and entomological materials were carried out in the Crimea in the years 2015 to 2022.

Results and discussion: According to the results of epidemiological and epizootiological monitoring of the Crimean Peninsula, the samples tested positive for tularemia were collected on the territory of 14 administrative entities, leptospirosis – 21, hantaviruses – 12, tick-borne encephalitis – 2, Crimean-Congo hemorrhagic fever – 7, Lyme borreliosis – 21, West Nile fever – 3, Q fever – 2, Marseilles fever – 6, monocytic ehrlichiosis – 1, and granulocytic anaplasmosis – 8 entities. A new hantavirus was identified in the Leninsky district. Positive findings of markers of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus were registered not only in the main vector, but also in other species of ixodid ticks. True boundaries of the natural foci of Lyme borreliosis in the Crimea were much wider and ran through both forest and steppe zones. A stable reproducing population of epidemiologically significant *Ae. albopictus* mosquitoes was found on the southern coast of Crimea.

Conclusions: Based on the findings, we specified the boundaries and confirmed the activity of natural foci of infectious diseases during the study period, updated sources of infections, reservoir hosts and vectors, and compiled the List of enzootic (endemic) territories of the Crimea, on which circulation of infectious agents common to humans and animals was found based on the results of field material studies in 2015–2022, all facilitating managerial decisions on prevention of natural focal infections.

Keywords: epizootiological monitoring, endemic zoonosis, Crimea.

Cite as: Popova AYu, Penkovskaya NA, Zinich LS, Kovalenko IS, Sitnikova AL, Bednarskaya EV, Proskurnin RV, Tikhonov SN. Results of epizootiological survey of the territories of the Republic of Crimea and Sevastopol in 2015–2022. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):7–15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-7-15

Введение. Природно-климатические, ландшафтные и социально-экономические условия Крымского полуострова благоприятны для существования природных очагов инфекций, общих для человека и животных. Практически на всей территории Крыма существуют природные очаги: туляремии, лептоспирозов, иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ), риккетсиозов, лихорадки Ку, Крымской-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ), лихорадки Западного Нила (ЛЗН), хантавирусных инфекций, клещевого энцефалита (КЭ), иерсиниоза, псевдотуберкулеза и др. [1, 2].

Для Крыма характерны участки, занимающие небольшие площади, но имеющие большое разнообразие местообитаний, видов организмов и сообществ, где также существуют предпосылки для увеличения биоразнообразия при внесении нового патогена или переносчика (резервуара) особо опасных инфекционных заболеваний.

Климатические и ландшафтно-географические условия Крымского полуострова являются определяющими для биоразнообразия, способствуют существованию устойчивых паразитарных систем [3, 4].

В связи с хозяйственной и рекреационной деятельностью в Крыму происходит преобразование естественных ландшафтов. Проводимые гидромелиорация, сооружение искусственных водоемов, выпас скота, туризм часто приводят к увеличению частоты контактов человека с природными очагами, что может способствовать изменению их пространственной структуры.

Практически вся территория Крыма интенсивно используется как рекреационная зона, считается потенциально опасной по природно-очаговым заболеваниям [5].

На протяжении длительного периода (1992–2013 гг.) изучение природной очаговости Крымского

полуострова имело несистематический характер вследствие социально-экономического кризиса на Украине и отсутствия планомерного финансирования этой работы. С 2015 г. изучение природно-очаговых болезней в Крыму было возобновлено, что позволило актуализировать информацию о природных очагах на полуострове [6].

Цель исследования – уточнение границ и определение эпизоотологической активности природных очагов инфекционных болезней в Крыму, актуализация перечня возможных резервуарных хозяев, переносчиков, по результатам исследований 2015–2022 гг.

Материалы и методы. Проанализированы данные форм федерального государственного статистического наблюдения за инфекционными и паразитарными болезнями¹ и результаты эпизоотологического мониторинга проведенного ФБУЗ «ЦГиЭ в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе» и ФГКУЗ «ПЧС Республики Крым» Роспотребнадзора с 2015 по 2022 г. на территории Республики Крым в очагах туляремии, лептоспирозов, иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ), риккетсиозов, лихорадки Ку, Крымской-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ), лихорадки Западного Нила (ЛЗН), хантавирусных инфекций, клещевого энцефалита (КЭ)².

Эпизоотологический мониторинг осуществляли в соответствии с методическими документами Роспотребнадзора³. Стандартными методами проводили учет и сбор мелких млекопитающих (ММ), иксодовых клещей, кровососущих комаров, а также погадок хищных птиц, отбор проб воды из внешних источников и другого зоолого-энтомологического материала⁴. Исследование проб зоолого-энтомологического материала проводили при помощи бактериологических, иммунологических и молекулярно-биологических методов⁵.

¹ Приказ Росстата от 29.12.2023 № 710 «Об утверждении формы Государственной статистической отчетности № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 12.01.2024).

² Приказ Роспотребнадзора от 14.01.2013 № 6 «Об утверждении инструкции по оформлению обзора и прогноза численности мелких млекопитающих и членистоногих». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456000061?ysclid=ly2plohd9519686112/> (дата обращения: 23.05.2023).

³ МР 3.1.0211–20 «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2020. 56 с.

⁴ МР 3.1.7.0250–21 «Тактика и объемы зоологических работ в природных очагах инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2021. 16 с.

⁵ МР 3.1.0322–23 «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2023. 79 с.

При учетах численности ММ методом ловушко-линий было накоплено более 10 тыс. ловушко-суток, при этом добыто 3 тыс. особей.

Сбор иксодовых клещей из природных биотопов проводили на флаг, также отбирали с животных. Индексы встречаемости клещей рассчитывались согласно МР 3.1.7.0250–21⁶. Абсолютная численность клещей рассчитывалась на флаго-час. Собранный материал доставлялся в лаборатории, где проводилось определение вида, стадии развития и пулирование. Пулы клещей формировали по принципу идентичности: по виду, полу, фазе развития, степени насыщенности. В одну пробу включали от 1 до 10 экземпляров голодных имаго самцов или самок и от 1 до 30 нимф одного вида. Полунапитавшиеся особи пулировались от 3 до 5 экз. в зависимости от степени насыщенности. Напитавшиеся особи исследовались индивидуально. Всего было собрано 13,7 тыс. клещей, которые были объединены в 3,1 тыс. пулов. Клещей в пулах отмывали в 70 % этаноле, затем в стерильном 0,15 М растворе NaCl и гомогенизировали с помощью лабораторного гомогенизатора TissueLyser LT. Перед исследованием суспензии клещей центрифугировали при 10 000 g в течение 1 мин.

Имаго кровососущих комаров отлавливали в местах их массового обитания (по методу Гучевича или с использованием автоматической ловушки Mosquito Magnet). В одну пробу включали до 30 имаго и до 50 экземпляров личинок комаров одного вида.

Погадки хищных птиц (ушастая сова, болотная сова, сипуха и др.) собирали в зимнее время, возле мест зимовочных скоплений – по 50 штук с одной точки. Собрано более 3,6 тыс. погадок хищных птиц. После полного высушивания в течение 7 дней проводили разбор погадок. Костные останки ММ в каждой погадке отделяли от шерсти, определяли вид ММ. Погадки взвешивали, растирали в ступке до получения гомогенной смеси с добавлением 0,9 % раствора NaCl (pH 7,2) до 10 % концентрации. Полученную суспензию отстаивали в течение 10–15 минут, отбирали надосадочную жидкость через стерильный ватный тампон и переносили в микроцентрифужные пробирки объемом 1,5 мл для дальнейшего исследования методом иммуноферментного анализа (ИФА) с целью выявления туляремийного антигена.

Для постановки ИФА использовали: спектрофотометр (ридер) PR2100, промыватель (вошер) PW40, термошейкер (сухой инкубатор) AIP-4, с использованием диагностической тест-системы для выявления возбудителя туляремии в иммуноферментном анализе («ИФА-Тул-СтаВНИПЧИ»).

Постановка ПЦР включала в себя экстракцию РНК/ДНК из исследуемых образцов (комплект реагентов для экстракции РНК/ДНК «Рибо-преп»), реакцию обратной транскрипции (комплект реагентов «Реверта-Л») и амплификацию специфических генов, с учетом продуктов амплификации в режиме реального времени. Исследование методом

ПЦР проводилось на амплификаторе ROTOR-GENE Q 6000.

В работе использовали географическую информационную систему QGIS 3.16.2.

Результаты. За анализируемый период при лабораторном исследовании зоолого-энтомологического материала в отношении туляремийной инфекции положительные пробы выявлены на территории 14 административных образований, лептоспирозов – 21, хантавирусов – 12, клещевого энцефалита – 2, ККГЛ – 7, ИКБ – 21, ЛЗН – 3. Также в некоторых районах эпизодически при исследовании материала от ММ и иксодовых клещей обнаруживались маркеры возбудителей Ку-лихорадки – 2, Марсельской лихорадки – 6, моноцитарного эрлихиоза (МЭЧ) – 1, гранулоцитарного анаплазмоза (ГАЧ) – 8 и др. При этом случаи заболеваний людей туляремией отмечены только в 6 административных образованиях, лептоспирозом – в 5, ИКБ – в 21.

Туляремия. За 8 лет при исследовании материала от ММ антитела к возбудителю туляремии выявлены в 11,6 % исследуемых проб, в 14 из 21 административной территории (Бахчисарайский, Красноперекоский, Ленинский, Нижнегорский, Раздольненский, Симферопольский, Советский, Кировский районы, г/о Армянск, Феодосия, Керчь, Судак, Ялта, гфз Севастополь). Удельный вес положительных находок в пробах клещей составил 1,1 %, в погадках хищных птиц – 0,3 %. В 2022 году выявлена эпизоотия туляремии в Степной и Горно-Предгорной зонах Крыма. Основную долю инфицированных особей (от всех инфицированных ММ) составляли: степная мышь (*Sylvaeus witherbyi*) – 46 %, домовая мышь (*Mus musculus*) – 21 %, общественная полевка (*Microtus socialis*) – 18 %. Также в этот год выявлено значительное количество положительных проб при исследовании иксодовых клещей – 10,2 %, а в некоторых районах – до 80 % проб. На долю проб *Ixodes redikorzevi* приходится 57 % (от всех проб исследованных клещей этого вида), *Haemaphysalis parva* – 42,9 %, *Haemaphysalis punctata* – 15,4 %, *Derma-centor marginatus* – 6,3 %, *Hyalomma marginatum* – 4,7 %.

На фоне активности природных очагов инфекции регистрировали единичные случаи заражений туляремией людей. В 2015 г. заболело 2 человека (по одному в Бахчисарайском и Ленинском районах), в 2016 г. – 3 больных, в т. ч. 2 – в г. Евпатории, заразившиеся в с. Добрушино Сакского района, и 1 – в г. Керчи, заразившийся в с. Луговое Ленинского района, в 2017 г. – 4 больных (2 в Ленинском районе (1 в пгт Ленино, заразившийся во время охоты в окрестностях с. Новониколаевка Ленинского района, 1 в с. Останино Ленинского района, обстоятельства и место заражения не установлены); 1 больной в г. Симферополе, заразившийся во время охоты в Феодосийском охотоугодье, 1 больной в г. Керчи, заразился при разделке зайца, подобранного в окрестностях с. Новоотрадное Ленинского района). В 2018–2020 г. случаи заболеваний туляремией у людей не регистрировались. В 2021 г. – один

⁶ МР 3.1.7.0250–21 «Тактика и объемы зоологических работ в природных очагах инфекционных болезней». М.: Роспотребнадзор, 2021. 16 с.

случай туляремии в гфз Севастополе. В 2022 г. – один случай у жителя (охотник) пгт Мирный, г/о Евпатория.

Лептоспирозы. Лептоспириносители среди ММ регистрировались практически на всей территории полуострова от 1,7 % положительных проб от всех исследованных в 2020 г. до 19 % в 2016 г., среднее за 5 лет – 2,1 %. В 2022 г. выявлено 7,6 % положительных проб. Маркеры лептоспир выявлены практически повсеместно у 9 видов ММ: малая белозубка (*Crocidura suaveolens*), обыкновенная (*Microtus arvalis*) и общественная (*Microtus socialis*) полевки, степная (*Sylvaeus witherbyi*), желтогорлая (*Sylvaeus flavicollis*), домовая (*Mus musculus*) и курганчиковая (*Mus spicilegus*) мыши, серая крыса (*Rattus norvegicus*), обыкновенный хомяк (*Cricetus cricetus*). Заболеваемость среди людей зарегистрирована в 19 из 21 административной территории, спорадическая, по 2–3 случая в год, при этом летальность – 1–2 случая в год.

Хантавирусы. При исследовании материала от ММ положительные результаты получены в 12 из 21 административной территории (67 % территории полуострова), выявлено 0,4 % от исследованных проб. В 2016 г. хантавирусный антиген обнаружен в 15 пробах (3 %) от ММ из Ленинского, Советского и Кировского районов, г/о Алушта, в 2019 г. – в 6 пробах ММ (1 %) (Симферопольский район и гфз Севастополь), в 2022 – РНК вируса Хантаан/Пуумала выявлена в 10 (8,1 %) пробах от ММ. В 2021 г. выявлен положительный образец от малой белозубки (*Crocidura suaveolens*), отловленной вблизи урочища Артезиан с. Новоотрадное, Ленинского района. При исследовании материала в ФБУН «ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора выявлен новый хантавирус *Artesian virus* (ATSV), эпидемическая значимость которого в настоящее время не установлена.

За 8 лет в Республике зарегистрировано 4 случая геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС). В 2017 г. зарегистрирован 1 случай ГЛПС у туриста, прибывшего в г. Ялту из г. Рязани, в 2019 г. – 1 случай у прибывшего из Саратовской области, и впервые в Крыму (Черноморский район, с. Медведево) был зарегистрирован местный случай заболевания ГЛПС, что позволило предположить циркуляцию на территории полуострова хантавирусов, способных вызывать заболевания у человека. В 2021 г. зарегистрирован 1 местный случай ГЛПС у жителя г/о Ялта, пгт Никита.

Клещевой энцефалит (КЭ). По результатам мониторинговых исследований за последние 8 лет подтверждена эндемичность по КЭ 2 административных территорий: Бахчисарайский район и г/о Ялта (в 2016 г. выявили маркеры вируса КЭ при исследовании клещей, снятых с людей, в Бахчисарайском районе и территории, подчиненной г. Ялта). В Крыму периодически регистрируются единичные случаи КЭ у людей, в т. ч. и в Ялте в 2015 г. – 1. При эпизоотологическом мониторинге открытых стаций за 8 лет при исследовании клещей и ММ на наличие маркеров вируса КЭ положительные находки не выявлены.

Крым-Конго геморрагическая лихорадка (ККГЛ). За последние 8 лет маркеры возбудителя ККГЛ при исследовании клещей, собранных с сельскохозяйственных животных, выявлены в окрестностях 12 населенных пунктов 7 из 21 муниципального образования (33 % территории Крыма): г/о Алушта, г/о Феодосия, Ленинский, Черноморский, Краснопереконский, Красногвардейский, Джанкойский районы. Положительные находки регистрировались не только у основного переносчика вируса КГЛ *Hyalomma marginatum*, но и у клещей других видов – *Rhipicephalus sanguineus*, *Rhipicephalus bursa*, *Haemaphysalis punctata*, что свидетельствует об интенсивности эпизоотического процесса и может способствовать повсеместному распространению ККГЛ на территории Крыма. Всего зарегистрировано 2 случая ККГЛ у людей: в 2015 г. – 1 случай заражения ККГЛ в Крыму туристки из Воронежа, в 2017 г. – 1 местный случай заболевания ККГЛ в Ленинском районе (с. Вулкановка).

Иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ). За анализируемый период маркеры возбудителей ИКБ ежегодно и на всех административных выявляли при исследовании иксодовых клещей (4,1 % проб от исследованных) и ММ (2,9 % проб). Активные природные очаги ИКБ существуют в Бахчисарайском, Белогорском, Симферопольском районах, г/о Алушта, Судак, Ялта. Ежегодно повсеместно регистрируются случаи заболевания среди людей.

Инфекции, передающиеся комарами. Риски возникновения вспышек инфекционных заболеваний, передающихся комарами, возрастают, и это может быть связано со следующими факторами.

– Сезонными пиками численности местных видов кровососущих комаров в периоды благоприятных условий для их массового размножения (обильные осадки при оптимальных температурных показателях). Так, летом 2021 г. отмечена высокая численность – массовость крылатых форм комаров в Джанкойском районе и г. Джанкое. Всего в отловах представлены 3 рода (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*), 5 видов комаров (*Culex pipiens*, *Culex modestus*, *Aedes caspius*, *Aedes pulcritarsis*, *Anopheles claviger*). В процентном соотношении на долю рода *Aedes* приходилось 75,8 %, *Culex* – 24,1 %, *Anopheles* – 0,1 %. Доля видов в общем сборе: *Aedes caspius* – 75,6 %, *Culex modestus* – 12,4 %, *Culex pipiens* – 11,7 %, *Aedes pulcritarsis* – 0,2 %, *Anopheles claviger* – 0,1 %.

– Обнаружением в Крыму ранее не встречавшихся видов комаров, которые являются переносчиками арбовирусных инфекций (желтая лихорадка, лихорадка Денге, чикунгунья, Зика, дирафиляриозы и др.). В связи с этим возможны эпидемические осложнения при завозе экзотических инфекций из эндемичных территорий.

В 2018 г. в Крыму были идентифицированы ранее не встречавшиеся комары вида *Aedes koreicus*. На территории Крыма и г/о Ялта в частности в 2019 г. впервые выявлены стабильно воспроизводящиеся популяции эпидемически значимых видов комаров *Aedes albopictus* (городское кладбище); старое (верхнее) кладбище, при этом видовое определение было подтверждено

в результате полногеномного секвенирования в ФБУН «ГНЦ ПМБ». В последующем в 2020 и 2021 гг. определено расширение ареала распространения комара *Ae. albopictus* по территории Крыма – выявлено еще 2 территории, на которых ранее комары рода *Ae. albopictus* не регистрировались (пгт Гурзуф, старое кладбище, г. Алушта, кладбище).

Лихорадка Западного Нила (ЛЗН). С 2018 г. в Крыму регистрируются случаи заболевания ЛЗН: 2018 г. – 1 случай в с. Орловка, гфз Севастополь; 2019 г. – 10 случаев: 9 – в Белогорском районе, 1 – в гфз Севастополе, 2021 г. – 1 случай в г. Феодосии, в 2022 г. – по 1 случаю в с. Краснофлотское, Советский район, и в г. Керчи.

При зоолого-энтомологическом мониторинге (комары, клещи, ММ, птицы, КРС, лошади) маркеры вируса ЗН выявлены в комарах: в 2018 г. в *Culex pipiens* (гфз Севастополь), в 2019 г. (г. Белогорск *L. p. Culex*), в 2022 г. в *Ae. caspius*, *Culex modestus*, *Culex pipiens* (СПЭБ Волгоградского НИПЧИ) в Красноперекском районе (г. Красноперек, с. Ильинка) – 14 положительных пулов комаров. Маркеры возбудителя ЗН выявлены в 3 муниципальных образованиях (15 % территории Крымского полуострова).

Обсуждение. За последние 40 лет заболеваемость туляремией в Крыму спорадическая, в 80 % случаев источник заражения – заяц-русак (*Lepus europaeus*), группа риска – охотники и члены их семей. При этом с 2006 по 2014 г. случаи заболеваний туляремией не регистрировались. Эндемичной по тулярии является практически вся территория полуострова, что подтверждается результатами проведенного мониторинга за последние 8 лет. На территории Республики при исследовании культуры возбудителя тулярии, изолированной от клещей *R. bursa* установлена принадлежность *F. tularensis* subsp. *holarctica* к биовару I EryS [16]. На значительной части (70 %) территории Крыма по данным последних исследований выявлена активность очагов тулярии. С целью профилактики туляриемной инфекции в Республике Крым организована вакцинация населения. Вакцинацию и ревакцинацию за 2022 г. осуществили более 3 тыс. чел., 2023 – 1 тыс.

По ретроспективным данным на территории Крыма среди лептоспир, вызвавших заболевания людей, преобладали серогруппы *Icterohaemorrhagiae* (51 %), *Canicola* (16 %), *Sejroe* (14 %), *Pomona* (9 %). Рост заболеваемости в 2018 г. был связан с повышением численности синантропных грызунов, в том числе серой крысы [7]. На фоне активности природных очагов лептоспирозов регистрировали единичные случаи заболеваний людей и летальные исходы.

До недавнего времени считалось, что патогенность для человека циркулирующих в Крыму хантавирусов не установлена. С 1985 по 2016 г. случаи ГЛПС в Крыму не регистрировались, в ряде лет были завозными [17]. С 2019 г. на территории полуострова зарегистрированы местные случаи заболевания ГЛПС (Черноморский район (2019 г.), г/о Ялта (2021 г.).

Одной из особенностей хантавирусной инфекции является наличие у каждого хантавируса или его геноварианта, как правило, одного резервуарного хозяина [8]. На территории Крыма обитает серая крыса – резервуарный хозяин патогенного для человека хантавируса Сеул, распространенный в Дальневосточном регионе России. Другие виды грызунов, широко распространенные на территории Крыма, не являются резервуарными хозяевами известных к настоящему времени патогенных хантавирусов. В 2008 г. при исследовании материала от ММ был выявлен генетический материал хантавируса Tula на территории Крыма. По литературным данным, в зарубежных странах зарегистрированы единичные случаи заражения людей хантавирусом Tula [17–19]. Следовательно, существует целесообразность дальнейшего наблюдения за циркуляцией хантавирусов среди сочленов природных экосистем Республики. В 2014 г. РНК хантавирусов выявлена в 1 пробе степной мыши (*Sylvaeus witherbyi*) в Симферопольском районе (с. Николаевка) [5]. В результате исследования сывороток крови от здорового населения Крыма установлено, что 0,4–0,8 % исследуемых лиц имеют IgG к хантавирусам [8, 9].

В настоящее время эндемичными по КЗ в Крыму остаются 11 территорий (55 % территории полуострова), в которых распространены *I. ricinus* [20, 21].

Заболеваемость ККГЛ с 1967 до 2013 г. в Крыму не регистрировалась. В 2013 г. зафиксирован 1 случай заражения ККГЛ у жителя из г. Москвы. Референс центром по ККГЛ были описаны изоляты вируса ККГЛ (2015 г.) подгруппы «Крым» (Vd), которые выделены в отдельный кластер в пределах генотипа «Европа-1», отличающиеся от других штаммов генотипа и свидетельствующие о генетическом обмене между российскими, крымскими и балканскими штаммами [10, 22–24]. В 2017 г. – 1 местный случай заболевания ККГЛ в Ленинском районе (с. Вулкановка). Серомониторинг здорового населения выявил 0,6 % положительных проб [9–12].

Маркеры возбудителей ИКБ получены при исследовании зоолого-энтомологического материала не только в лесной зоне среди основных эпидемически значимых переносчиков *I. ricinus*, но также в степной зоне среди клещей: *I. redikorzevi*, *D. reticulatus*, *D. marginatus*, *H. punctata*, *H. marginatum*, а также среди ММ: малая (*C. suaveolens*) и белобрюхая (*C. leucodon*) белозубки, серый хомячок (*C. migratorius*), обыкновенная (*M. arvalis*) и общественная (*M. socialis*) полевки, серая крыса (*R. norvegicus*), домовая (*M. musculus*), степная (*S. witherbyi*) и желтогорлая (*S. flavicollis*) мыши, что позволило уточнить перечень носителей и переносчиков, а также значительно расширить границы природных очагов ИКБ в Крыму [13].

Регистрация в 2018 г. популяции нового вида комаров *Aedes koreicus* [14], а также выявление в 2019–2022 гг. по всей территории южного берега Крыма устойчивой воспроизводящейся популяции инвазивного, эпидемически значимого вида комаров *Ae. albopictus* с тенденцией освоения новых территорий [15], а также вытеснением местных видов комаров диктует необходимость организации

и осуществления дальнейшего энтомологического мониторинга кровососущих комаров в Крыму с учетом местообитаний с благоприятными условиями для данных видов.

Существование очага ЛЗН во многом связано с эпидзначимыми орнитофильными комарами *Cx. pipiens* и создавшимися благоприятными климатическими условиями для их обитания и размножения, а именно периодические интенсивные осадки, наличием мелких непроточных водоемов. Резервуаром вируса ЗН могут быть дикие перелетные птицы, концентрирующиеся в водоемах, на пути миграционного пролета птиц. В фауне наряду с оседлыми птицами представлены виды, прилетающие в Крым на летовку, зимовку или встречающиеся на весенне-осенних пролетах т. к. полуостров является частью Черноморско-Средиземноморского миграционного пути перелетных птиц [25–28]. Серозидемиологическим мониторингом здоровых лиц в 2019 г. выявлены иммунные к вирусу ЗН лица в 7,1 % образцов в Белогорском районе и в 16 % образцов в гфз Севастополе [9].

Таким образом, существование природных очагов Крымского полуострова, подтверждено многолетними (2015–2022 г.) результатами эпидемиолого-эпизоотологического мониторинга, при этом выявлены и уточнены основные источники, резервуары и переносчики циркулирующих в природных объектах возбудителей, установлен перечень территорий, на которых регулярно обнаруживаются возбудители природно-очаговых болезней среди ММ, клещей, комаров. На территории республики по результатам исследований полевого материала с 2015 по 2022 г. существуют природные очаги инфекционных болезней, которые

можно рассматривать, как истинно эндемичные и энзоотичные (рисунок).

Закключение. Уточнены границы и подтверждено существование природных очагов туляремии, ККГЛ, хантавирусов, КВЭ, ИКБ, лептоспирозов, ЛЗН, Ку-лихорадки, Марсельской лихорадки, выявлена циркуляция возбудителей МЭЧ, ГАЧ и др. Определены основные источники и переносчики, значимые для поддержания существования природных очагов болезней, общих для человека и животных:

На основании полученных данных сформирован Перечень энзоотичных (эндемичных) территорий Крыма, на которых выявлена циркуляция возбудителей инфекций, общих для человека и животных, по результатам исследований полевого материала с 2015 по 2022 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москалёв А.В., Астапенко П.В., Апчел В.Я., Цинцадзе О.Г. Современная характеристика активности природных очагов зоонозных инфекций Крыма // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2016. № 3 (55). С. 117–121.
2. Malkhazova S, Pestina P, Prasolova A, Orlov D. Emerging natural focal infectious diseases in Russia: A medical-geographical study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8005. doi: 10.3390/ijerph17218005
3. Боков В.А. Пространственная модель зональных ландшафтов Крыма // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «ГЕОГРАФИЯ». 2004. Т. 17 (56). № 4. С. 3–10.
4. Антонова А.А. Экологический аспект обеспечения основ устойчивого развития Республики Крым // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. 2017. Т. 3 (69). № 4. С. 3–11.

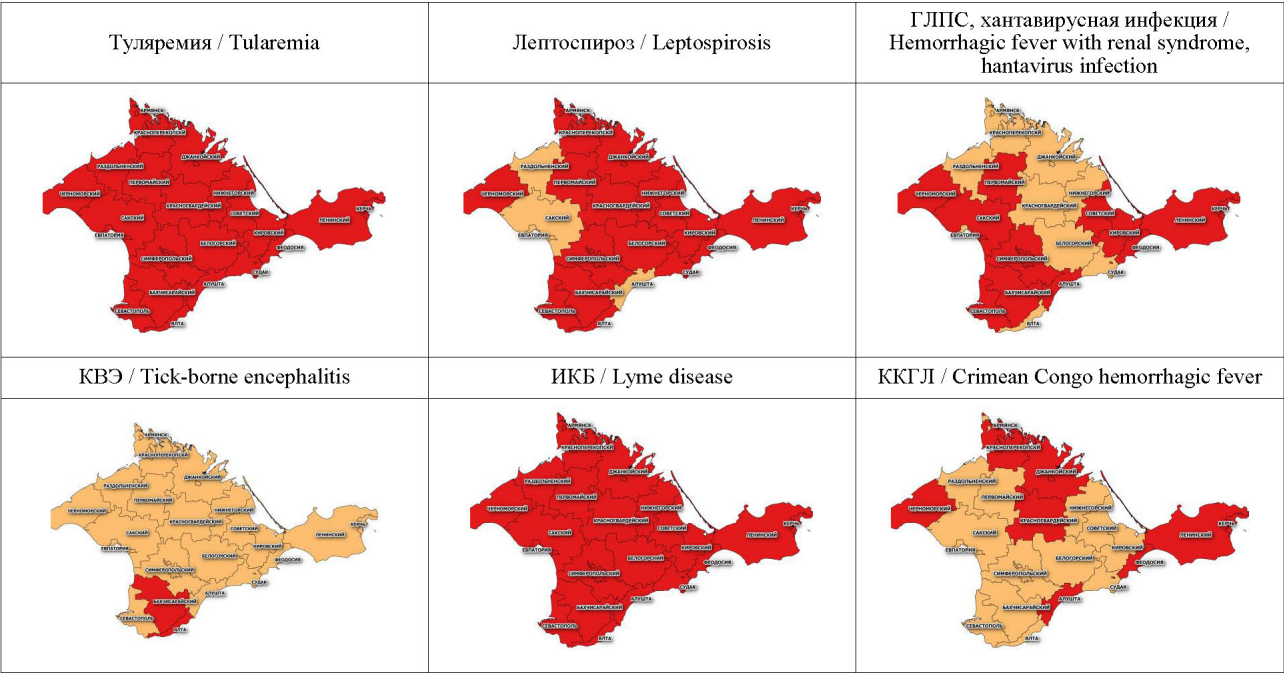


Рисунок. Перечень энзоотичных (эндемичных) территорий Крыма по инфекциям, общим для человека и животных, по результатам исследований полевого материала с 2015 по 2022 г.

Figure. Crimean areas endemic for zoonotic diseases according to the results of field studies conducted in 2015–2022

5. Попова А.Ю., Куличенко А.Н., Малецкая О.В. и др. Эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым инфекциям в Крымском федеральном округе в 2014–2015 гг. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016. С. 62–69. doi: 0.36233/0372-9311-2016-2-62-69
6. Коваленко И.С., Зинич Л.С., Якунин С.Н. и др. Результаты эпизоотологического мониторинга мелких млекопитающих в Крыму за период 2015–2017 гг. // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. № 2. С. 57–61. doi: 10.21055/0370-1069-2018-2-57-61
7. Ситникова А.Л., Зинич Л.С., Коваленко И.С., Тихонов С.Н. Этапы оценки риска лептоспироза в Крыму // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / Под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. С. 93–99.
8. Бородина Ж.И., Царенко О.Е., Монахов К.М., Багаутдинова Л.И. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом – проблема современности // Архивъ внутренней медицины. 2019. № 6. С. 419–427. doi: 10.20514/2226-6704-2019-9-6-419-427
9. Тихонов С.Н., Зинич Л.С., Афоина А.Н. и др. Результаты сероэпидемиологического мониторинга природно-очаговых инфекций в Крыму // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. 2018. № 2. <http://www.scientificreview.ru/ru/article/view>
10. Волынкина А.С., Котенев Е.С., Лисицкая Я.В., Тихонов С.Н., Куличенко А.Н. Молекулярно-генетическая характеристика вариантов вируса Крымской-Конго геморрагической лихорадки, выделенных на территории Республики Крым в 2015–2017 гг. // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 7. № 3. С. 41–48. doi: 10.24411/2305-3496-2018-13006
11. Куличенко А.Н., Волынкина А.С., Котенев Е.С. и др. Новый генетический вариант вируса Крымской-Конго геморрагической лихорадки, выявленной в Крыму // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2016. № 2. С. 76–80.
12. Зинич Л.С., Шварсалон Н.К., Коваленко И.С. и др. Опыт и результаты обследования очагов Крымской геморрагической лихорадки на территории Крыма // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 2 (275). С. 24–28.
13. Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Зинич Л.С. и др. Результаты мониторинга за иксодовыми клещевыми боррелиозами в Крыму (2015–2021 гг.) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 7. С. 72–79. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-7-72-79
14. Коваленко И.С., Тихонов С.Н. Обнаружение *Aedes (Finlaya) koreicus* (Edwards, 1917) (Diptera, Culicidae) на территории Крымского полуострова // Паразитология. 2019. Т. 53. № 2. С. 129–135. doi: 10.1134/S0031184719020042
15. Коваленко И.С., Федорова М.В., Ситникова А.Л. и др. О расширении ареала *Aedes albopictus* в Крыму // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию основания Омского НИИ природно-очаговых инфекций. 2021. С. 179–182.
16. Зинич Л.С., Коваленко И.С., Пидченко Н.Н., Тихонов С.Н. Результаты изучения природных очагов туляремии в Крыму // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 7 (316). С. 50–55. doi: 10.35627/2219-5238/2019-316-7-50-55
17. Зинич Л.С., Коваленко И.С., Пидченко Н.Н., Тихонов С.Н. Эпидемиологическая значимость хантавирусной инфекции в Крыму // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 2. С. 69–73. doi: 10.21055/0370-1069-2019-2-69-73
18. Яшина Л.Н., Зайковская А.В., Протопопова Е.К. и др. Тульский хантавирус в Крыму // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2015. № 4. С. 38–41.
19. Cirkovic V, Dellicour S, Stamenkovic G, Siljic M, Gligic A, Stanojevic M. Phylogeographic analysis of Tula hantavirus highlights a single introduction to central Europe. *Virus Evol.* 2022;8(2):veac112. doi: 10.1093/ve/veac112
20. Горovenko М.В., Каримов И.З. Актуальные трансмиссивные природно-очаговые инфекции Крыма // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. № 1. С. 25–32.
21. Тихонов С.Н., Василенко К.А., Зинич Л.С. и др. Клещевой вирусный энцефалит в Крыму // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы болезней, общих для человека и животных». Ставрополь, 2017. С. 98–99.
22. Волынкина А.С., Куличенко А.Н. Современные методы молекулярно-генетического анализа крымской геморрагической лихорадки в системе эпидемиологического надзора // Инфекционные болезни. 2016. № 1 (14). С. 53–58.
23. Волынкина А.С., Котенев Е.С., Лисицкая Я.В. и др. Анализ заболеваемости Крымской геморрагической лихорадкой в Российской Федерации в 2017 г. и прогноз на 2018 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. Вып. 1. С. 12–15. doi: 10.21055/0370-1069-2018-1-12-15
24. Беседин Д.И., Русских А.А., Попова А.И. Ранняя диагностика Крымской-Конго геморрагической лихорадки на примере первого завозного случая в Воронежской области // Материалы XIII Всероссийской Бурденковской студенческой научной конференции Молодежный инновационный вестник. 2017. Т. VI. № 2. С. 143–144.
25. Путинцева Е.В., Удовиченко С.К., Бородай Н.В. и др. Особенности эпидемиологической ситуации по лихорадке Западного Нила в Российской Федерации в 2020 г. и прогноз ее развития в 2021 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 1. С. 63–72. doi: 10.21055/0370-1069-2021-1-63-72
26. Якунин С.Н., Абибулаев Д.Э., Коваленко И.С., Зинич Л.С., Тихонов С.Н. Анализ возможности возникновения природного очага лихорадки Западного Нила в Крыму // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы болезней, общих для человека и животных», Ставрополь, 2019. С. 87–88.
27. Bacak E, Ozsemer AC, Akyildiz G, et al. Bidirectional tick transport by migratory birds of the African-Western Palearctic flyway over Turkish Thrace: Observation of the current situation and future projection. *Parasitol Res.* 2023;123(1):37. doi: 10.1007/s00436-023-08069-x
28. Najdenski Hr, Dimova T, Zaharieva M, et al. Migratory birds along the Mediterranean – Black Sea Flyway as carriers of zoonotic pathogens. *Can J Microbiol.* 2018;64(12):915–924. doi: 10.1139/cjm-2017-0763

REFERENCES

1. Moskalev AV, Astapenko PV, Apchel VYA, Tsintsadze OG. Modern characteristic of activity of zoonotic infections natural centres in Crimea. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii.* 2016;(3(55)):117–121. (In Russ.)
2. Malkhazova S, Pestina P, Prasolova A, Orlov D. Emerging natural focal infectious diseases in Russia: A

- medical-geographical study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8005. doi: 10.3390/ijerph17218005
3. Bokov VA. [Spatial model of zonal landscapes of Crimea.] *Uchenye Zapiski Tavricheskogo Natsional'nogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya*. 2004;17(4):3-10. (In Russ.)
 4. Antonova AA. Ecological aspect of providing bases the steady development of the Republic of Crimea. *Uchenye Zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Ekonomika i Upravlenie*. 2017;3(4):3-11. (In Russ.)
 5. Popova AYU, Kulichenko AN, Maletskaya OV, et al. Epidemiologic situation by natural-foci infections in the Crimea Federal District in 2014–2015. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2016;(2):62-69. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2016-2-62-69
 6. Kovalenko IS, Zinich LS, Yakunin SN, et al. Results of epizootiological monitoring of small mammals habitant in Crimea over the period of 2015–2017. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2018;(2):57-61. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2018-2-57-61
 7. Sitnikova AL, Zinich LS, Kovalenko IS, Tikhonov SN. [Stages of assessing the risk of leptospirosis in Crimea.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Fundamental and Applied Aspects of Population Health Risk Analysis: Proceedings of the International All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with international participation, Perm, October 11–15, 2021*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2021:93-99. (In Russ.)
 8. Borodina ZI, Tsarenko OE, Monakhov KM, Bagautdinova LI. Hemorrhagic fever with renal syndrome: The challenge of our time. *Arkhiv Vnutrenney Meditsiny*. 2019;9(6):419-427. (In Russ.) doi: 10.20514/2226-6704-2019-9-6-419-427
 9. Tihonov SN, Zinich LS, Afonina AN, et al. Results of seroepidemiological monitoring of the natural focal infections in the Crimea. *Nauchnoe Obozrenie. Fundamental'nye i Prikladnye Issledovaniya*. 2018;(2). (In Russ.) Accessed July 22, 2024. <https://s.scientificreview.ru/pdf/2018/2/22.pdf>
 10. Volinkina AS, Kotenev ES, Lisitskaya YaV, Tichonov SN, Kulitschenko AN. Molecular-genetic characteristics of variants of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus, isolated in the territory of the Republic of Crimea in 2015–2017. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie*. 2018;7(3):41-48. (In Russ.) doi: 10.24411/2305-3496-2018-13006
 11. Kulichenko AN, Volynkina AS, Kotenev ES, et al. A new genetic variant of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus isolated in Crimea. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2016;31(2):94-101. doi: 10.3103/S0891416816020051
 12. Zinich LS, Shvarsalon NK, Kovalenko IS, et al. The experience and results of the survey of sources of the Crimean hemorrhagic fever on the territory of Crimea. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(2(275)):24-28. (In Russ.)
 13. Kovalenko IS, Sitnikova AL, Zinich LS, Yakunin SN, Abibulaev DE. Results of ixodes tick-borne borreliosis monitoring in Crimea in 2015–2021. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(7):72-79. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-7-72-79
 14. Kovalenko IS, Tikhonov SN. Recording of *Aedes koreicus* (Edwards, 1917) (Diptera, Culicidae) in the territory of Crimea. *Parazitologiya*. 2019;53(2):129-135. (In Russ.) doi: 10.1134/S0031184719020042
 15. Kovalenko IS, Fedorova MV, Sitnikova AL, et al. Bout expanding the *Aedes albopictus* in the Crimea. *Natsional'nye Prioritety Rossii*. 2021;3(42):179-182. (In Russ.)
 16. Zinich LS, Kovalenko IS, Pidchenko NN, Tikhonov SN. Study results of natural foci of tularemia in the Crimea. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(7(316)):50-55. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-316-7-50-55
 17. Zinich LS, Kovalenko IS, Pidchenko NN, Tikhonov SN. Epidemiological significance of hantavirus infection in Crimea. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2019;(2):69-73. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2019-2-69-73
 18. Yashina LN, Zaykovskaya AV, Protopopova EV, et al. Tula hantavirus in Crimea. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2015;30(4):201-205. doi: 10.3103/S0891416815040138
 19. Cirkovic V, Dellicour S, Stamenkovic G, Siljic M, Gligic A, Stanojevic M. Phylogeographic analysis of Tula hantavirus highlights a single introduction to central Europe. *Virus Evol*. 2022;8(2):veac112. doi: 10.1093/ve/veac112
 20. Gorovenko MV, Karimov IZ. Actual tick-borne infections in Crimea. *Infektsiya i Immunitet*. 2016;6(1):25-32. (In Russ.)
 21. Tikhonov SN, Vasilenko KA, Zinich LS, et al. [Tick-borne viral encephalitis in Crimea.] In: Kulichenko AN, ed. *Current Issues of Diseases Common to Humans and Animals: Proceedings of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Stavropol, April 05–06, 2017*. Stavropol: Stavropol Research Anti-Plague Institute; 2019:98-99. (In Russ.)
 22. Volynkina AS, Kulichenko AN. Modern methods of molecular genetic analysis in the surveillance of the Crimean-Congo hemorrhagic fever. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie*. 2016;(1(14)):53-60. (In Russ.)
 23. Volynkina AS, Kotenev ES, Lisitskaya YaV, et al. Analysis of Crimean hemorrhagic fever morbidity rates in the Russian Federation in 2017 and prognosis for 2018. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2018;(1):12-15. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2018-1-12-15
 24. Besedin DI, Russkikh AA, Popova AI, Pshenichnaya SA. [Early diagnosis of Crimean-Congo hemorrhagic fever using the example of the first imported case in the Voronezh Region.] *Molodezhnyy Innovatsionnyy Vestnik*. 2017;6(2):143-144. (In Russ.)
 25. Putintseva EV, Udovichenko SK, Boroday NV, et al. Peculiarities of epidemiological situation on the West Nile fever in the Russian Federation in 2020 and forecast for its development in 2021. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2021;(1):63-72. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2021-1-63-72
 26. Yakunin SN, Abibulaev DE, Kovalenko IS, Zinich LS, Tikhonov SN. [Analysis of the possibility of the emergence of a natural focus of West Nile fever in Crimea.] In: Kulichenko AN, ed. *Current Issues of Diseases Common to Humans and Animals: Proceedings of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Stavropol, April 24–25, 2019*. Stavropol: Stavropol Research Anti-Plague Institute; 2019:87-88. (In Russ.) Accessed July 21, 2024. <https://snipchi.ru/updoc/2019/III%20Konferenziya.pdf>
 27. Bacak E, Ozsemir AC, Akyildiz G, et al. Bidirectional tick transport by migratory birds of the African-Western Palearctic flyway over Turkish Thrace: Observation of the current situation and future projection. *Parasitol Res*. 2023;123(1):37. doi: 10.1007/s00436-023-08069-x
 28. Najdenski Hr, Dimova T, Zaharieva M, et al. Migratory birds along the Mediterranean – Black Sea Flyway as carriers of zoonotic pathogens. *Can J Microbiol*. 2018;64(12):915-924. doi: 10.1139/cjm-2017-0763

Сведения об авторах:

Попова Анна Юрьевна – д.м.н., профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главный государственный санитарный врач Российской Федерации; заведующая кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: info@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-5307>.

Пеньковская Наталья Александровна – к.м.н., руководитель Межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым и городу Севастополю; e-mail: crimea@82.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1585-0919>.

✉ **Зинич** Лилия Сергеевна – к.м.н., заведующая отделом эпидемиологии ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3447-2335>.

Коваленко Ирина Сергеевна – заведующая отделением эпизоотологического мониторинга отдела эпидемиологии ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-9836>.

Ситникова Александра Леонидовна – заведующая отделением эпидемиологии ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-6172>.

Беднарская Елена Владимировна – зоолог эпизоотологического отдела ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе»; e-mail: elenabernadskaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7129-6008>.

Проскурнин Роман Владимирович – главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе»; e-mail: fbuz_priemn@cge-crimea.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7231-8184>.

Тихонов Сергей Николаевич – к.м.н., доцент, директор ФГКУЗ «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-5817>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Попова А.Ю., Пеньковская Н.А., Зинич Л.С., Тихонов С.Н., Проскурнин Р.В.*; сбор данных: *Зинич Л.С., Коваленко И.С., Ситникова А.Л., Беднарская Е.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Зинич Л.С., Коваленко И.С.*; литературный обзор: *Зинич Л.С., Коваленко И.С.*; подготовка рукописи: *Зинич Л.С., Коваленко И.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании этического комитета ФГКУЗ «ПЧС Республики Крым» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 17.08.2015).

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Попова А.Ю. является главным редактором научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 19.04.23 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликована: 31.07.24

Author information:

Anna Yu. **Popova**, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Chief Public Health Officer of the Russian Federation; Head of the Department of Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: info@rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-5307>.

Nataliya A. **Penkovskaya**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Interregional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Republic of Crimea and Sevastopol; e-mail: crimea@82.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1585-0919>.

✉ Lilia S. **Zinich**, Cand. Sci. (Med.), Head of Epidemiology Department, Anti-Plague Station of the Republic of Crimea; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3447-2335>.

Irina S. **Kovalenko**, Head of Epizootiological Monitoring Division, Epidemiology Department, Anti-Plague Station of the Republic of Crimea; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-9836>.

Alexandra L. **Sitnikova**, Head of Epidemiology Division, Epidemiology Department, Anti-Plague Station of the Republic of Crimea; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-6172>.

Elena V. **Bednarskaya**, Zoologist, Epidemiology Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol; e-mail: elenabernadskaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7129-6008>.

Roman V. **Proskurnin**, Chief Public Health Officer, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol; e-mail: fbuz_priemn@cge-crimea.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7231-8184>.

Sergey N. **Tikhonov**, Cand. Sci. (Med.), docent; Director, Anti-Plague Station of the Republic of Crimea; e-mail: krimpchs@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-5817>.

Author contributions: study conception and design: *Popova A.Yu., Penkovskaya N.A., Zinich L.S., Tikhonov S.N., Proskurnin R.V.*; data collection: *Zinich L.S., Kovalenko I.S., Sitnikova A.L., Bednarskaya E.V.*; analysis and interpretation of results: *Zinich L.S., Kovalenko I.S.*; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Zinich L.S., Kovalenko I.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Ethics Committee of the Anti-Plague Station of the Republic of Crimea (protocol No. 1 of August 17, 2015).

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

Conflict of interest: Prof. Popova is the Editor-in-Chief of the journal *Public Health and Life Environment*. Other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 19, 2023 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024

© Коллектив авторов, 2024

УДК 614.71



Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга

*С.В. Клейн, С.А. Вековшина, С.Ю. Балашов**ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация*

Резюме

Введение. Отбор наиболее опасных веществ для включения в программы мониторинга требует учета критериев риска для здоровья населения.

Цель исследования: обоснование перечня основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух в 10 новых городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух», расположенных в Красноярском крае и Иркутской области, с использованием индекса сравнительной опасности здоровью населения и данных инструментальных исследований для формирования программ мониторинга на период до получения результатов сводных расчетов на территории.

Материалы и методы. Использовали данные Росприроднадзора о фактических годовых выбросах (по форме № 2-ТП (воздух) за 2022 год) объектов негативного воздействия, расположенных в Ангарске, Ачинске, Зиме, Иркутске, Лесосибирске, Минусинске, Свирске, Усолье-Сибирском, Черемхово, Шелехове. Оценка соблюдения санитарно-эпидемиологических требований к качеству атмосферного воздуха проведена по данным с постов наблюдения Росгидромета и Роспотребнадзора за 2020–2022 гг. Для обоснования перечней загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу в рамках СГМ, использовали методы ранжирования химических соединений, изложенные в Руководстве по оценке риска Р 2.1.10.3968–23.

Результаты. По результатам оценки вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в программы мониторинга предложено включить вещества, обладающие канцерогенным потенциалом при ингаляционном воздействии (ацетальдегид, бенз(а)пирен, бензол, бута-1,3-диен, свинец, углерод, формальдегид, хром (IV) и пр.). Оценка долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности выявила необходимость расширения программ мониторинга за счет следующих высокоопасных веществ: диалюминий триоксид, дигидросульфид, диметил-амин, марганец и его соединения, серная кислота, фториды, хлор. По результатам исследования в программы СГМ на 2023–2024 гг. было рекомендовано включить от 10 до 24 веществ.

Заключение. Использование индексов сравнительной опасности, учет их вкладов в соответствующие суммарные индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности позволили обосновать перечни загрязняющих веществ для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг., расширить их за счет включения примесей, формирующих риски для здоровья человека.

Ключевые слова: индекс сравнительной опасности, идентификация опасности, оценка риска здоровью населения, приоритетные загрязнители, мониторинг, атмосферный воздух, федеральный проект «Чистый воздух».

Для цитирования: Клейн С.В., Вековшина С.А., Балашов С.Ю. Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 16–26. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26

Practical Experience of Using the Index of Comparative Health Hazard to Substantiate the List of Pollutants for Monitoring

*Svetlana V. Kleyn, Svetlana A. Vekovshina, Stanislav Yu. Balashov**Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation*

Summary

Introduction: When selecting the most hazardous pollutants for inclusion in air quality monitoring programs, it is important to consider criteria of population health risk.

Objective: To substantiate the list of priority air pollutants for 10 new cities of the Krasnoyarsk and Irkutsk Regions enrolled in the Clean Air Federal Project using the index of comparative hazard to population health and results of air quality testing to elaborate monitoring programs for the period until the results of summary calculations for the territory are obtained.

Materials and methods: We used data provided by the Federal Supervisory Natural Resources Management Service (Rosprirodnadzor) on actual annual emissions (Form No. 2-TP (Air) for 2022) from sources of air pollution located in the cities of Angarsk, Achinsk, Zima, Irkutsk, Lesosibirsk, Minusinsk, Svirsk, Usolye-Sibirskoye, Cheremkhovo, and Shelekhov. Compliance with sanitary and epidemiological requirements for ambient air quality was established based on data from monitoring sites of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) and the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for 2020–2022. To substantiate the lists of air pollutants to be monitored within the framework of public health surveillance, we ranked chemicals according to Russian Risk Assessment Guidelines R 2.1.10.3968–23.

Results: Based on the results of assessing contributions to the total index of comparative carcinogenic hazard, certain chemicals were proposed to be included into monitoring programs due to their carcinogenic potential when inhaled (acetaldehyde, benzo(a)pyrene, benzene, buta-1,3-diene, lead, carbon, formaldehyde, chromium (IV), etc.). Evaluation of percent contributions to the total index of comparative non-carcinogenic hazard revealed the need to expand monitoring programs to include the following highly hazardous chemicals: dialuminum trioxide, dihydrosulfide, dimethylamine, manganese and its compounds, sulfuric acid, fluorides, and chlorine. According to the findings, 10 to 24 pollutants were recommended for inclusion in the 2023–2024 public health surveillance program.

Conclusion: The use of comparative hazard indices and consideration of their contributions to the corresponding total indices of comparative carcinogenic and/or non-carcinogenic hazard allowed us to substantiate the lists of pollutants to be included in the public health surveillance programs in 10 new cities enrolled in the Clean Air Federal Project for 2023–2024 and to expand them by including admixtures posing human health risks.

Keywords: index of comparative health hazard, hazard identification, population health risk assessment, priority pollutants, monitoring, ambient air, Clean Air Federal Project.

Cite as: Kleyn SV, Vekovshina SA, Balashov SYu. Practical experience of using the index of comparative health hazard to substantiate the list of pollutants for monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):16–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26

Введение. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека в пределах своей компетенции продолжает активно участвовать в реализации мероприятий национального проекта «Экология»¹, в состав которого входит, в том числе, и федеральный проект «Чистый воздух» (далее – ФП «Чистый воздух»).

В 2018 году реализация проекта началась на территории 12 городов с наиболее высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха. Планируется, что в этих городах – участниках проекта в 2026 году выбросы опасных для здоровья веществ составят не более 85 % от базового значения 2017 года; снизится загрязнение атмосферного воздуха и, как следствие, улучшится качество жизни более 4,622 млн человек.

С 1 сентября 2023 года распоряжением Правительства РФ от 07.07.2022 № 1852-р² к проекту «подключены» еще 29 городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, расположенных в 16 субъектах РФ. Для новых городов-участников установлена новая цель – снижение к 31 декабря 2030 года выбросов приоритетных (опасных) загрязняющих веществ в 2 раза по отношению к 2020 году.

В соответствии с актуальной законодательной базой определение перечня приоритетных загрязняющих веществ осуществляется на основании сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ от источников, формирующих в совокупности не менее 95 % валового выброса по территории^{3,4}. Вместе с тем формирование интегрированных баз данных о параметрах стационарных (включая автономные источники теплоснабжение частного сектора домовладений) и передвижных источников выбросов – трудоемкая работа, требующая значительного временного периода [1]. Кроме того, результаты расчетов рассеивания не всегда корректно отражают реальную санитарно-гигиеническую ситуацию [2]. Все изложенное делает крайне актуальными инструментальные измерения качества воздуха с ориентацией на вещества, формирующие потенциальные риски и угрозы для здоровья населения.

На промышленно развитых территориях в атмосферный воздух одновременно выбрасываются десятки и сотни разнообразных химических веществ и смесей [3–7]. Предварительная обработка информации об источниках загрязнения атмосферы, номенклатуре выбрасываемых химических веществ,

их совокупных массах, показателях опасности отдельных ингредиентов для здоровья человека и др. позволяет оптимизировать процесс обоснования перечня загрязняющих веществ, подлежащих контролю.

В системе государственного экологического мониторинга в условиях отсутствия сводных расчетов рассеивания задачу определения перечня загрязняющих веществ, включаемых в программы наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, решают путем анализа состава и характера выбросов и результатов предварительных инструментальных наблюдений (РД 52.04.186–89)⁵. При этом рекомендовано учитывать перечень веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (согласно приказу Минприроды России)⁶. При изменении объемов выбросов, появлении новых источников выбросов, реконструкции и техническом перевооружении предприятий, перечень загрязняющих веществ пересматривают.

Принцип выбора веществ для включения в программы мониторинга основан на использовании параметра потребления воздуха, который представляет собой отношение суммарной массы выбросов конкретной примеси от всех источников, расположенных на территории города, к ПДК этой примеси [8]. По величине параметра потребления воздуха вещества ранжируют, примеси с наибольшими рангами рекомендуют для включения в программы наблюдения.

Актуальность учета критериев риска для здоровья населения требует развития методических подходов к формированию программ мониторинга, в том числе в условиях отсутствия сводных расчетов. Включение в программы систематических наблюдений веществ, которые являются потенциально наиболее опасными для здоровья жителей, в полной мере отвечает стратегическим целям и задачам федерального проекта «Чистый воздух».

Опыт формирования программ мониторинга качества атмосферного воздуха с применением элементов идентификации опасности выбросов и расчетов индексов опасности уже накоплен и описан в ряде публикаций [9, 10].

Цель исследования – обоснование перечня основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух в 10 новых городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух», расположенных в Красноярском крае и Иркутской области,

¹ Паспорт национального проекта «Экология» (по состоянию на 31.10.2023). Электронный документ: https://www.mnr.gov.ru/activity/pr_ecology/

² Распоряжение Правительства РФ от 07.07.2022 № 1852-р «Об утверждении перечня городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территории эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха».

³ 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». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/ (дата обращения: 31.10.2023).

⁴ Правила проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию. Утв. Приказом Минприроды России от 29 ноября 2019 года № 813. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564067734> (дата обращения: 31.10.2023).

⁵ РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

⁶ Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2020 регистрационный № 61430).

с использованием индекса сравнительной опасности здоровью населения и данных инструментальных исследований для формирования программ мониторинга на период до получения результатов сводных расчетов на территории.

Материалы и методы. Исследование было выполнено с использованием данных Росприроднадзора о фактических годовых выбросах объектов негативного воздействия, расположенных в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» (Ангарск, Ачинск, Зима, Иркутск, Лесосибирск, Минусинск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов), по форме № 2-ТП (воздух) за 2022 год в связи с необходимостью начала проведения рекогносцировочных исследований (измерений) уровня загрязнения атмосферного воздуха в этих городах в рамках социально-гигиенического мониторинга в 2023 году.

Сведения о численности постоянного населения в исследуемых городах (по состоянию на 1 января 2023 года) получали из открытых данных территориальных органов Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области и Красноярскому краю.

Для обоснования перечней загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу в рамках СГМ на территориях городов – участников ФП «Чистый воздух», использовали методы ранжирования химических соединений, изложенные как в действующем Руководстве по оценке риска⁷, так и отмененном с 1 января 2024 года документе⁸. При этом значения референтных концентраций и факторов канцерогенного потенциала отдельных химических веществ принимали в соответствии с утратившим силу Руководством⁸, так как исследование было выполнено до момента вступления в силу нового документа.

Были рассчитаны индексы сравнительной канцерогенной (HRI_c) и неканцерогенной (HRI) опасности каждой i -й примеси с учетом годового поступления в атмосферный воздух (E_i , т/год), весового коэффициента влияния на здоровье (TW_i), а также численности популяции, подвергаемой воздействию (P , чел.).

С использованием величин индексов сравнительной канцерогенной (HRI_c) и/или неканцерогенной (HRI) опасности отдельно ранжировали списки канцерогенов и неканцерогенов.

Далее индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности всех примесей суммировали. Для каждого города получали два показателя:

- суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности (ΣHRI_c);
- суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности (ΣHRI).

Затем определяли долевого вклад (Δ_c^i) каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в соответствии с формулой:

$$\Delta_c^i = \frac{HRI_c^i}{\Sigma HRI_c} \cdot 100, \text{ где}$$

Δ_c^i – долевого вклад вещества в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности;
 HRI_c^i – индекс сравнительной опасности i -й примеси;

ΣHRI_c – суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности.

По аналогичной формуле определяли долевого вклад (Δ) каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности.

В предварительный перечень веществ для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории города – участника ФП «Чистый воздух» включали примеси, которые формировали (в сумме) долевого вклад не менее 90 % величины суммарного индекса сравнительной канцерогенной (ΣHRI_c) и/или неканцерогенной (ΣHRI) опасности.

Оценка соблюдения санитарно-эпидемиологических требований к качеству атмосферного воздуха была проведена по данным с постов наблюдения Росгидромета и Роспотребнадзора за 2020–2022 гг. Значения гигиенических нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений принимали в соответствии с действующими санитарными правилами и нормативами⁹.

Для 10 новых городов – участников ФП «Чистый воздух» проанализирована информация с 25 постов наблюдений Росгидромета, 2 постов территориальной сети мониторинга (ТСН) Красноярского края, 18 постов социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора.

Были обработаны данные о концентрациях от 6 (г. Лесосибирск) до 26 (г. Иркутск) загрязняющих веществ, исследуемых на постах наблюдений Росгидромета; от 7 (г. Минусинск) до 10 (г. Ачинск) загрязняющих веществ, исследуемых на постах ТСН Красноярского края; от 5 (г. Черемхово) до 22 (г. Ачинск) загрязняющих веществ, содержание которых исследовано в рамках социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «ЦГиЭ» Роспотребнадзора на территории Красноярского края и Иркутской области. Общее число исследованных проб – более 500 тыс.

Результаты. Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (далее – Росприроднадзор)¹⁰ в 2022 году объекты негативного воздействия выбрасывали в атмосферный воздух 10 исследуемых городов – участников ФП «Чистый воздух», расположенных в Иркутской

⁷ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

⁸ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

⁹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

¹⁰ Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. <https://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-reestr-onv>

области и Красноярском крае, от 28 до 128 загрязняющих веществ.

В промышленных выбросах исследуемых городов в 2022 году регистрировали: серы диоксид (долевой вклад в суммарные выбросы от 4,0 % в Ангарске до 12,4 % в Ачинске); азота диоксид (с долей от 2,7 % в Минусинске до 25,8 % в Ачинске); углерода оксид (с вкладом от 3,2 % в Иркутске до 74,7 % в Шелехове); пыль неорганическая с содержанием SiO_2 от 20 до 70 % (долевой вклад от 4,6 % в Свирске до 15,9 % в Усолье-Сибирском); азот (II) оксид (от 4,0 % в Ангарске до 12,4 % в Ачинске); метан (от 5,0 % в Лесосибирске до 20,6 % в Ангарске).

В Минусинске и Черемхове значительный вклад в промышленные выбросы вносил метилбензол (толуол) (2,3 и 2,4 % соответственно), в Шелехове и Ачинске – пыль неорганическая с содержанием SiO_2 до 20 % (5,5 и 20,4 % соответственно). Вклады в формирование более 95 % массы выбросов от промышленных объектов в исследуемых городах также вносили: аммиак (1,9 % в Минусинске); взвешенные вещества (5,7 % в Минусинске); диметилбензол (ксилол) (1,4 % в Минусинске); керосин (6,0 % в Зиме); пыль неорганическая с содержанием SiO_2 более 70 % (9,4 % в Шелехове); смесь предель-

ных углеводородов C1–C5 (11,6 % в Ангарске); смесь предельных углеводородов C6–C10 (2,5 % в Ангарске); углерод (пигмент черный) (14,8 % в Лесосибирске) (рис. 1).

На основе данных о годовом поступлении загрязняющих веществ в атмосферный воздух исследуемых городов были рассчитаны индексы сравнительной канцерогенной (HRI_c) и неканцерогенной (HRI) опасности каждой i -й примеси, суммарные индексы сравнительной канцерогенной (ΣHRI_c) и неканцерогенной (ΣHRI) опасности (рис. 2), а также долевые вклады каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности.

Оценка вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности показала, что в разных городах основными веществами-вкладчиками в этот показатель являются различные вещества: углерод (сажа, пигмент черный) (до 99,8 % в Лесосибирске); хром (до 93,4 % в Ачинске); бенз(а)пирен (до 73,1 % вклада в Иркутске); формальдегид (до 41,5 % в Усолье-Сибирском); бензол (до 28,7 % вклада в Ангарске); свинец (до 14,4 % вклада в Свирске) (рис. 3).

Необходимо отметить, что углерод (пигмент черный) – вещество, обладающее канцерогенным

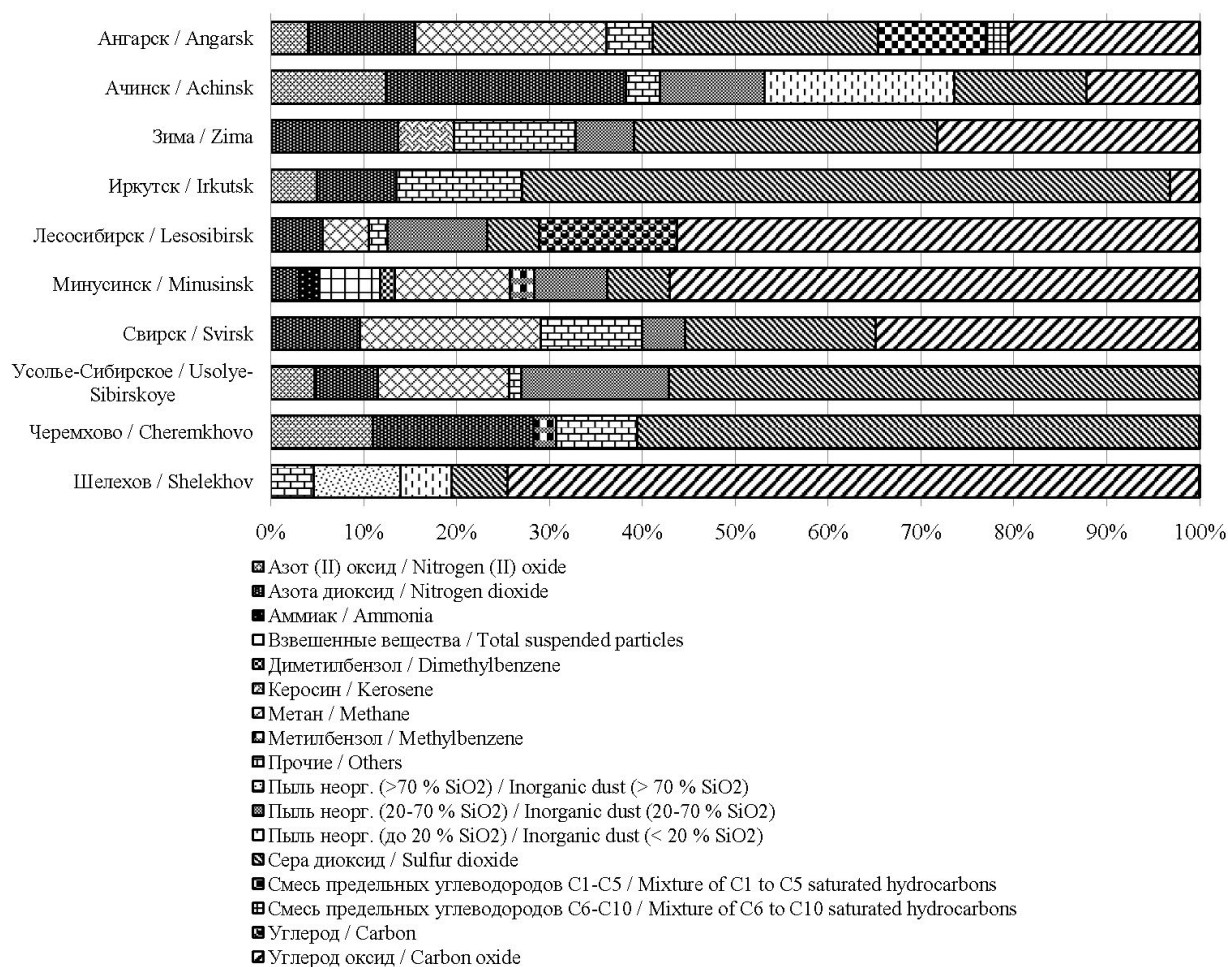


Рис. 1. Долевые вклады (%) загрязняющих веществ в суммарные выбросы в 2022 году от объектов негативного воздействия на атмосферный воздух городов – участников ФП «Чистый воздух»

Fig. 1. Contributions (%) of air pollutants to total hazardous emissions in the cities participating in the Clean Air Federal Project in 2022

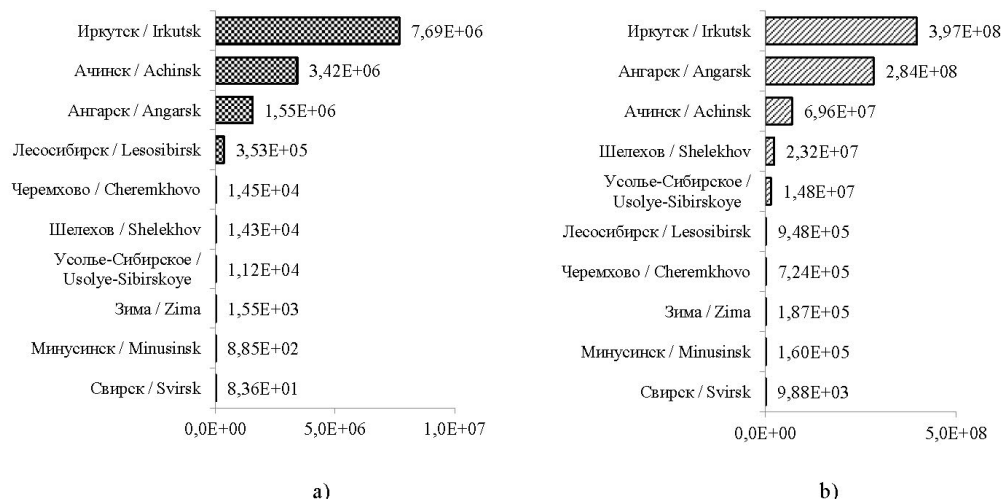


Рис. 2. Суммарные индексы сравнительной канцерогенной (а) и неканцерогенной (б) опасности в городах – участниках ФП «Чистый воздух»

Fig. 2. Total indices of comparative (a) carcinogenic and (b) non-carcinogenic hazard in the cities participating in the Clean Air Federal Project

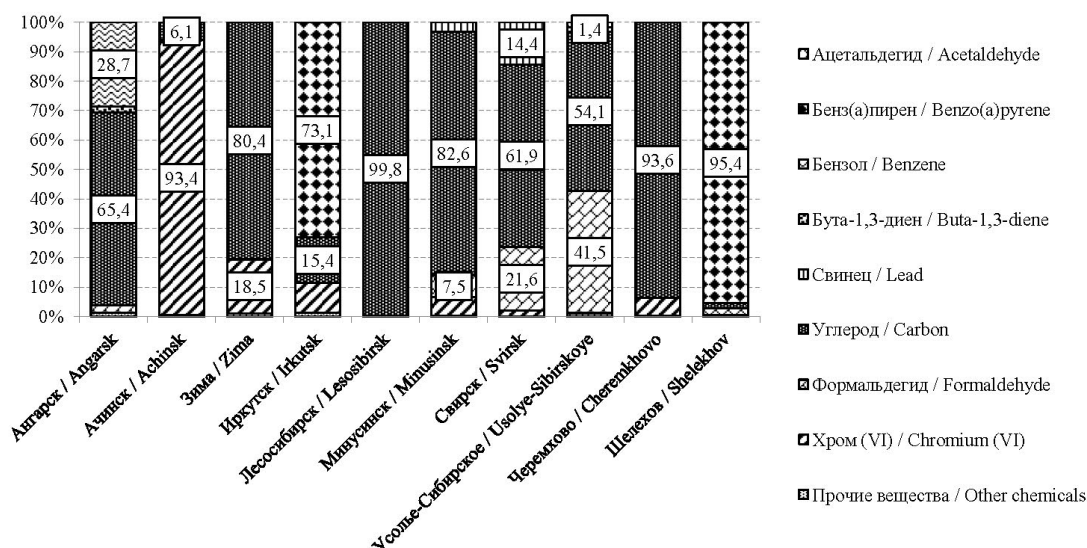


Рис. 3. Долевые вклады (%) загрязняющих веществ в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в городах – участниках ФП «Чистый воздух»

Fig. 3. Contributions (%) of air pollutants to the total index of comparative carcinogenic hazard in the cities participating in the Clean Air Federal Project

потенциалом при ингаляционном воздействии,^{11,12} – содержится в выбросах всех исследуемых городов – участников ФП «Чистый воздух». На втором месте по частоте встречаемости – хром (в пересчете на хрома (VI) оксид), который является приоритетным канцерогеном для шести городов (Ачинск, Зима, Иркутск, Минусинск, Свирск и Черемхово). На третьем месте – формальдегид – канцероген, входящий в состав промышленных выбросов пяти городов (Ангарск, Минусинск, Свирск, Усолье-Сибирское, Шелехов).

По величине долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опаснос-

ти лидируют следующие химические вещества и соединения: пыль неорганическая более 70 % SiO_2 (до 73 % в Шелехове); сера диоксид (до 65,2 % в Иркутске); мазутная зола теплоэлектростанций (до 61,8 % в Ангарске); хлор (до 60,1 % в Минусинске), серная кислота (до 43,7 % в Свирске) и углерод (пигмент черный) (до 37,1 % в Лесосибирске) (табл. 1).

Анализ данных табл. 1 показал, что в структуре долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности по отдельным городам чаще всего встречается серы диоксид (все исследуемые города), азота диоксид (в 9 городах из 10 исследованных), азот (II) оксид (в 7 из 10 городов),

¹¹ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

¹² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 1. Долевые вклады веществ (%) в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности в исследуемых городах – участниках ФП «Чистый воздух»**Table 1. Contributions (%) of chemicals to the total index of comparative non-carcinogenic hazard in the cities under study participating in the Clean Air Federal Project**

№	Наименование вещества / Chemical	Города – участники ФП «Чистый воздух» / Cities participating in the Clean Air Federal Project									
		Ангарск / Angarsk	Ачинск / Achinsk	Зима / Zima	Иркутск / Irkutsk	Лесосибирск / Lesosibirsk	Минусинск / Minusinsk	Свирск / Svirsk	Усолье-Сибирское / Usolye-Sibirskoye	Черемхово / Cheremkhovo	Шелехов / Shelekhov
1	Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	3,0	10,7	1,1	4,6	2,4	–	–	5,4	10,9	–
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	8,7	22,2	6,1	8,0	14,0	3,5	3,0	7,8	17,1	–
3	Аммиак / Ammonia	–	–	–	–	–	2,5	–	–	1,8	–
4	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	–	–	–	14,1	–	–	–	–	–	–
5	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	–	–	–	1,9	7,4	–	–	–	–
6	диАлюминий триоксид / diAluminum trioxide	–	5,4	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Дигидросульфид / Dihydrosulfide	–	–	–	–	–	1,3	–	–	–	–
8	Диметиламин / Dimethylamine	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Диметилбензол / Dimethylbenzene	–	–	–	–	–	1,9	–	–	1,6	–
10	Керосин / Kerosene	2,2	4,0	26,6	–	–	1,3	3,6	–	4,9	–
11	Мазутная зола ТЭЦ / Fuel oil ash from thermal power plants	61,8	11,4	41,8	4,6	–	–	24,5	–	–	–
12	Марганец и его соедин. / Manganese and its compounds	–	–	2,3	–	–	–	–	–	–	–
13	Пыль неорг. (20–70 % SiO ₂) / Inorganic dust (20–70 % SiO ₂)	–	9,7	2,8	–	26,7	9,0	1,4	18,1	–	–
14	Пыль неорг. (до 20 % SiO ₂) / Inorganic dust (< 20 % SiO ₂)	–	17,5	–	–	–	–	–	–	–	4,3
15	Пыль неорг. (более 70 % SiO ₂) / Inorganic dust (> 70 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73,0
16	Свинец и его неорг. соединения / Lead and its inorganic compounds	–	–	–	–	–	1,8	12,2	–	–	–
17	Сера диоксид / Sulfur dioxide	18,2	12,2	14,5	65,2	13,9	7,7	6,4	65,0	59,8	4,6
18	Серная кислота / Sulfuric acid	–	–	–	–	–	–	43,7	–	–	–
19	Углерод / Carbon	–	–	–	–	37,1	–	–	–	1,9	–
20	Углерод оксид / Carbon oxide	–	–	–	–	1,4	–	–	–	–	–
21	Формальдегид / Formaldehyde	–	–	–	–	–	–	1,8	–	–	–
22	Фториды газообр. / Gaseous fluorides	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1
23	Фториды неорг. плохо растворимые / Poorly soluble inorganic fluorides	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,4
24	Хлор / Chlorine	–	–	–	–	–	60,1	–	–	–	–
25	Хром (VI) / Chromium (VI)	–	4,6	–	–	–	–	–	–	–	–
	Прочие вещества / Other chemicals	4,2	2,4	4,7	3,4	2,6	3,5	3,3	3,7	2,1	2,6

керосин и пыль неорганическая: 70–20 % SiO₂ (6 из 10), мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий) (в 5 из 10 исследованных городов). Остальные вещества вносят значительный вклад:

– в двух городах: аммиак (Минусинск, Черемхово); взвешенные вещества (Минусинск, Лесосибирск); диметилбензол (Минусинск, Черемхово); пыль неорганическая: до 20 % SiO₂ (Ачинск, Шелехов); свинец и его неорганические соединения (Свирск, Минусинск); углерод (пигмент черный) (Лесосибирск, Черемхово);

– в одном городе: бенз(а)пирен (Иркутск); диАлюминий триоксид (Ачинск); дигидросульфид (Минусинск); диметиламин (Ангарск); марганец и его соединения (Зима); пыль неорганическая более 70 % SiO₂ (Шелехов); серная кислота (Свирск); углерод оксид (Лесосибирск); формальдегид (Свирск); фториды газообразные и фториды неорганические плохо растворимые (Шелехов); хлор (Минусинск); хром (Ачинск).

По данным мониторинга загрязнения атмосферного воздуха за 2020–2022 гг. на постах Росгидромета

и Роспотребнадзора в исследуемых городах наблюдались превышения гигиенических нормативов следующих веществ:

- Ачинск (10 веществ): бенз(а)пирен, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2,5} и PM₁₀, диАлюминий триоксид, дигидросульфид, диметилбензол, метилбензол, формальдегид, фториды газообразные;
- Лесосибирск (2 вещества): бенз(а)пирен, формальдегид;
- Минусинск (6 веществ): азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2,5}, углерода оксид, формальдегид;
- Ангарск (8 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, бензол, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM₁₀, сера диоксид, углерод оксид, формальдегид;
- Зима (4 вещества): гидрохлорид, дигидросульфид, формальдегид, хлор;
- Иркутск (8 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, взвешенные вещества, диметилбензол, сера диоксид, тетрахлорэтилен, углерод оксид, формальдегид;
- Свирск (2 вещества): азота диоксид, взвешенные вещества;
- Усолье-Сибирское (2 вещества): ртуть, эпихлоргидрин;
- Черемхово (3 вещества): азота диоксид, взвешенные вещества, углерода оксид;
- Шелехов (9 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM₁₀ и PM_{2,5}, гидроксибензол, углерод оксид, формальдегид, фтористые газообразные соединения.

Вышеперечисленные вещества также были включены в предварительный перечень веществ для мониторинга в новых городах – участниках ФП «Чистый воздух», так как согласно пункту 1 статьи 3 Федерального закона № 195-ФЗ¹³ «...приоритетные загрязняющие вещества – загрязняющие вещества, выбросы которых влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, создают риски для здоровья человека на территориях эксперимента».

В результате проведенной исследовательской работы в программы социально-гигиенического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории десяти новых городов – участников ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг. было рекомендовано включить от 10 до 24 веществ (табл. 2).

Обсуждение. Организация мониторинга содержания в атмосфере всего комплекса примесей является сложным и дорогостоящим мероприятием [11, 12]. На стационарных постах экологического мониторинга определяют как основные примеси (диоксид и оксид азота, диоксид серы, оксид углерода, пыли), так и специфические, характерные для

промышленных выбросов предприятий данного населенного пункта (аммиак, сероводород, свинец и пр.) [13–15].

Применение методических подходов, изложенных в Руководстве по оценке риска¹⁴, использование индексов сравнительной опасности, учет их вкладов в соответствующие суммарные индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности позволили обосновать перечни загрязняющих веществ для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг., а также расширить их за счет включения примесей, формирующих риски для здоровья человека на территориях эксперимента [16–21].

Так, по результатам оценки вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности предложено включить в программы мониторинга ацетальдегид, бенз(а)пирен, бензол, бута-1,3-диен, свинец, углерод (пигмент черный), формальдегид, хром (IV) и прочие вещества, обладающие канцерогенным потенциалом при ингаляционном воздействии.

Оценка долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности выявила необходимость расширения программ мониторинга для 10 новых городов – участников ФП «Чистый воздух» за счет следующих высокоопасных веществ (2-й класс опасности)¹⁵: диАлюминий триоксид (Ачинск), дигидросульфид (Минусинск), диметиламин (Ангарск), марганец и его соединения (Зима), серная кислота (Свирск), фториды (Шелехов), хлор (Минусинск).

Кроме веществ, формирующих риски для здоровья населения, в программы мониторинга предложено включить вещества, выбросы которых (по данным систематических инструментальных исследований Росгидромета и Роспотребнадзора на исследуемых территориях) влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха: взвешенные частицы PM_{2,5} и PM₁₀, гидроксибензол, гидрохлорид, тетрахлорэтилен и пр.

Необходимо отметить, что обоснование перечня загрязняющих веществ для мониторинга с использованием данных о валовых выбросах в рамках поселения связано со следующими неопределенностями: отсутствие учета территориального и высотного расположения источников выбросов, метеоусловий, а также удаленности жилой застройки от источников загрязнения атмосферы [9, 10].

Заключение. В результате проведенного исследования обоснованы предварительные перечни основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, для 10 новых городов – участников федерального проекта «Чистый воздух»: Ангарск, Зима, Иркутск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, Ачинск, Лесосибирск, Минусинск. Выявлены

¹³ 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».

¹⁴ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

¹⁵ ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-16-26>
Original Research Article

Таблица 2. Перечень загрязняющих веществ, рекомендованных для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг.

Table 2. List of chemical pollutants recommended for inclusion in public health surveillance programs in 10 cities enrolled in the Clean Air Federal Project for the years 2023–2024

№	Наименование вещества / Chemical	Номер CAS / CAS number	Города – участники ФП «Чистый воздух» / Cities participating in the Clean Air Federal Project									
			Ангарск / Angarsk	Ачинск / Achinsk	Зима / Zima	Иркутск / Irkutsk	Лесосибирск / Lesosibirsk	Минусинск / Minusinsk	Свирск / Svirsk	Усолье-Сибирское / Usolye-Sibirskoye	Черемхово / Cheremkhovo	Шелехов / Shelekhov
1	Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	10102-43-9	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	10102-44-0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Аммиак / Ammonia	7664-41-7	–	–	–	–	–	+	–	–	+	–
4	Ацетальдегид / Acetaldehyde	75-07-0	–	–	–	–	–	+	–	+	–	–
5	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	50-32-8	–	+	–	+	+	+	–	+	–	+
6	Бензол / Benzene	71-43-2	+	+	–	–	+	–	–	–	–	–
7	Бута-1,3-диен / Buta-1,3-diene	106-99-0	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+
9	Взвешенные частицы PM _{2,5} / Particulate matter PM _{2.5}	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
10	Взвешенные частицы PM ₁₀ / Particulate matter PM ₁₀	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	+
11	Гидроксibenзол / Hydroxybenzene	108-95-2	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+
12	Гидрохлорид / Hydrochloride	7647-01-0	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
13	диАлюминий триоксид / diAluminum trioxide	1344-28-1	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
14	диВанадий пентоксид / diVanadium pentoxide	1314-62-1	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
15	Дигидросульфид / Dihydrosulfide	7783-06-4	–	+	+	–	+	+	–	–	–	–
16	Диметиламин / Dimethylamine	124-40-3	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	Диметилбензол / Dimethylbenzene	1330-20-7	–	+	–	+	+	+	–	–	+	–
18	Керосин / Kerosene	8008-20-6	+	–	+	–	–	–	+	–	+	–
19	Мазутная зола ТЭЦ / Fuel oil ash from thermal power plants	–	+	–	+	+	–	–	+	–	–	–
20	Марганец и его соед. / Manganese and its compounds	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
21	Медь оксид / Copper oxide	1317-38-0	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
22	Метилбензол / Methylbenzene	108-88-3	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–
23	Никель и его соед. / Nickel and its compounds	7440-02-0	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
24	Пыль неорг. (20-70 % SiO ₂) / Inorganic dust (20-70 % SiO ₂)	–	–	–	+	–	–	–	+	+	–	–
25	Пыль неорг. (до 20 % SiO ₂) / Inorganic dust (< 20 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
26	Пыль неорг. (более 70 % SiO ₂) / Inorganic dust (> 70 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
27	Ртуть / Mercury	7439-97-6	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
28	Свинец и его неорг. соединения / Lead and its inorganic compounds	7439-92-1	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–
29	Сера диоксид / Sulfur dioxide	7446-09-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Серная кислота / Sulfuric acid	7664-93-9	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
31	Тетрахлорэтилен / Tetrachloroethylene	127-18-4	–	+	–	+	–	–	–	–	–	–
32	Углерод / Carbon	1333-86-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	Углерод оксид / Carbon oxide	630-08-0	+	+	–	+	+	+	–	–	+	+
34	Формальдегид / Formaldehyde	50-00-0	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+
35	Фториды газообр. / Gaseous fluorides	7664-39-3	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
36	Фториды неорг. плохо растворимые / Poorly soluble inorganic fluorides	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
37	Хлор / Chlorine	7782-50-5	–	–	+	–	–	+	–	+	–	–
38	Хром (VI) / Chromium (VI)	–	–	+	+	+	+	+	+	–	+	–
39	Эпихлоргидрин / Epichlorohydrin	106-89-8	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
40	Этилбензол / Ethylbenzene	100-41-4	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–
Всего веществ / Total chemicals:			13	24	13	12	15	18	11	12	10	15

вещества, выбросы которых потенциально могут влиять на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, формировать неприемлемые уровни риска для здоровья человека на территориях эксперимента.

По результатам исследований загрязнения атмосферного воздуха в 2023–2024 гг., а также оценки риска здоровью населения по данным сводных расчетов рассеивания, программы социально-гигиенического мониторинга в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» будут откорректированы.

Полученные результаты будут использованы для совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга, принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 4–15.
3. Клейн С.В., Попова Е.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Читы – приоритетной территории федерального проекта «Чистый воздух» // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 16–22. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22. EDN TGYEAR.
4. Карамова Л.М., Башарова Г.Р., Гайнуллина М.К., Власова Н.В. Здоровье детей в городе с крупным нефтехимическим комплексом // Медицина труда и экология человека. 2022. № 1 (29). С. 144–158. doi: 10.24411/2411-3794-2022-10110. EDN RNQUMS.
5. Булатов Н.Н. Особенности экологического мониторинга поллютантов традиционными видами транспорта в зимнее время года // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе : материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 октября 2022 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2022. С. 239–241. EDN FSXRBI.
6. Краснокутская Н.В. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города Комсомольска-на-Амуре // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 09 декабря 2021 года. Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2021. С. 143–147. EDN TEHSJ.
7. Малышева А.Г. Оценка химической безопасности природоохранных технологий по снижению загрязнения выбросов в атмосферу (на примере процессов лазерной обработки полимерных материалов) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 196–203. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-196-203
8. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 4–17.
9. Исаев Д.С., Ковшов А.А., Степанян А.А., Зубун И.В., Трифонова А.Г., Князева В.К. Определение перечня загрязняющих веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в Хабаровском крае // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 139–145.
10. Исаев Д.С., Ковшов А.А., Фунтусова О.А., Ефимов И.А., Суханова А.В. Определение перечня загрязняющих веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха в городе Южно-Сахалинске // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 145–151.
11. Макарова Н.М., Балашов А.Л., Тойгильдин А.М., Свирский А.Г. Особенности создания систем автоматического контроля загрязняющих веществ от стационарных источников выбросов // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 35–43. doi: 10.25750/1995-4301-2023-4-035-043
12. Пыжева Ю.И., Зандер Е.В. Экономические аспекты решения экологических проблем российских городов // Экономика. Налоги. Право. 2019. Т. 12. № 5. С. 111–120.
13. Гутник В.С., Азаренко Е.И., Гутник С.А., Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Хоменко Т.Ю. Территориальная организация наблюдательной сети мониторинга загрязнения атмосферного воздуха г. Севастополя // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 4 (81). С. 64–71.
14. Пэдархасова В.Л., Малышкин Н.Г. Анализ состояния атмосферного воздуха на территории г. Салехард // Инновационное развитие агропромышленного комплекса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 20 декабря 2020 года. Том 2. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. С. 416–421. EDN SSRSFV.
15. Акимов Л.М., Акимов Е.Л. Оценка роли метеорологических условий в формировании аэротехногенного загрязнения городской среды // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 3. С. 68–78. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/3/68-78. EDN PENGHU.
16. Нахичеванская Н.В., Коротков В.В. Результаты апробации методических подходов к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного

- воздуха в рамках задач федерального проекта «чистый воздух» с учетом сложившейся сети экологического мониторинга на примере г. Липецка // 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 / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 2. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 259–268. EDN TOBWHD.
17. Май И.В., Вековщина С.А., Клейн С.В., Балашов С.Ю., Андришунас А.М., Горяев Д.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: практический опыт выбора химических веществ для информационной системы анализа качества атмосферного воздуха Норильска // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 8. С. 766–772.
 18. Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В. Результативность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по ключевым показателям – качеству атмосферного воздуха и риску для здоровья населения г. Братска // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 12. С. 1367–1374.
 19. Пузырев В.Г., Халфиев И.Н., Музаффарова М.Ш., Григорьева Л.В., Ситдикова И.Д., Имамов А.А., и др. Оценка сравнительной канцерогенной опасности в условиях воздействия факторов промышленной экологии // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7. № 2. С. 60–68.
 20. Просвирякова И.А., Дроздова Е.В., Ганькин А.Н., Пшегорода А.Е., Гриценко Т.Д. Критерии выбора территорий, нуждающихся в защите от химического загрязнения атмосферного воздуха // 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 / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 58–63. EDN WJKAUZ.
 21. Нахичеванская Н.В., Коротков В.В., Трухина Г.М., Савельев С.И. Изучение специфики влияния развитой металлургической промышленности в индустриальном центре на здоровье населения // Здравоохранение Российской Федерации. 2022. Т. 66. № 2. С. 152–159. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-2-152-159. EDN QFVXIE.
- ### REFERENCES
1. 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
 2. Zaitseva NV, May IV. New mechanisms for regulation of industrial emissions into the atmosphere: A conceptual look at prospects and problems from sanitary-epidemiological point of view. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01.eng
 3. 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
 4. Karamova LM, Basharova GR, Gainullina MK, Vlasova NV. Children's health in a city with a large petrochemical complex. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2022;(1(29)):144–158. (In Russ.) doi: 10.24411/2411-3794-2022-10110
 5. Bulatov NN. Peculiarities of ecological monitoring of pollutants by traditional modes of transport in winter. In: *Security Service in Russia: Experience, Problems, Prospects. The Arctic – A Region of Strategic Interests: Legal Policy and Modern Technologies to Ensure Security in the Arctic Region: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, October 27, 2022*. St. Petersburg: St. Petersburg University of State Fire Service Publ.; 2022:239–241. (In Russ.)
 6. Krasnokutskaya NV. [Dynamics of emissions of air pollutants in the city of Komsomolsk-on-Amur.] In: *Biodiversity, State and Dynamics of Natural and Anthropogenic Ecosystems of Russia: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Komsomolsk-on-Amur, December 09, 2021*. Komsomolsk-on-Amur: Amur Humanitarian and Pedagogical State University Publ.; 2021:143–147. (In Russ.)
 7. Malysheva AG. Estimation of chemical safety of environmental protection technologies for atmosphere pollution reduction (a case study of processes of laser treatment of polymer materials). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(3):196–203. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-196-203
 8. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Goryaev DV. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and “Pure Air” Federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01.eng
 9. Isaev DS, Kovshov AA, Stepanyan AA, Zubun IV, Trifonova AG, Knyazeva VK. [Determination of the list of pollutants for organization of ambient air quality monitoring in the Khabarovsk Krai.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with international participation, October 11–13, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023:139–145. (In Russ.)
 10. Isaev DS, Kovshov AA, Funtusova OA, Efimov IA, Sukhanova AV. [Determination of the list of pollutants for air quality monitoring in the city of Yuzhno-Sakhalinsk.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with international participation, October 11–13, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023:145–151. (In Russ.)
 11. Makarova NM, Balashov AL, Toygildin AM, Svirskiy AG. Features of creating systems for automatic control of pollutants from stationary sources of emission. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ekologiya*. 2023;(4):35–43. (In Russ.) doi: 10.25750/1995-4301-2023-4-035-043
 12. Pyzheva Yul, Zander YeV. Economic aspects of ecological problems solving for Russian cities. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2019;12(5):111–120. (In Russ.) doi: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-111-120
 13. Gutnik VS, Azarenko EI, Gutnik SA, Sigora GA, Nichkova LA, Khomenko TYu. Territorial organization of the observation network of atmospheric air pollution monitoring in the city of Sevastopol. *Ekonomika Stroitel'stva i Prirodopol'zovaniya*. 2021;(4(81)):64–71. (In Russ.) doi: 10.37279/2519-4453-2021-4-64-71
 14. Pedarkhasova VL, Malyshkin NG. Analysis of the state of atmospheric air on the territory of Salekhard. In: *Innovative Development of Agro-industrial Complex for*

- Food Security of the Russian Federation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Tyumen, December 20, 2020.* Tyumen: State Agrarian University of Northern Trans-Urals Publ.; 2020;2:416-421. (In Russ.)
15. Akimov LM, Akimov EL. Assessment of the role of meteorological conditions in the formation of aerotechnogenic pollution of urban environment. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya.* 2023;(3):68-78. (In Russ.) doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/3/68-78
 16. Nakhichevanskaya NV, Korotkov VV. [Results of testing methodological approaches to selection of ambient air quality monitoring sites and programs within the tasks of the Federal Clean Air Project given the existing environmental monitoring network on the example of Lipetsk.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 together with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020;2:259-268. (In Russ.)
 17. May IV, Vekovshinina SA, Kleyn SV, Balashov SYu, Andrishunas AM, Goryaev DV. “Pure air” Federal project: Practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(8):766-772. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
 18. May IV, Kleyn SV, Maksimova EV. Effectiveness of the activities of the Federal Project “Clean air” by the quality of atmospheric air and risk for the health (by means of the example of the city Bratsk). *Gigiena i Sanitariya.* 2023;102(12):1367-1374. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-1374
 19. Puzyrev VG, Khalfiyev IN, Muzaffarova MS, et al. Assessment of the comparative carcinogenic hazard under the impact of industrial environmental factors. *Meditsina i Organizatsiya Zdravookhraneniya.* 2022;7(2):60-68. (In Russ.) doi: 10.56871/3326.2022.12.17.008
 20. Prosviryakova IA, Drozdova EV, Gan'kin AN, Pshegroda AE, Gritsenko TD. [Criteria for selecting areas requiring protection from chemical air pollution.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 together with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020;1:58-63. (In Russ.)
 21. Nakhichevanskaya NV, Korotkov VV, Trukhina GM, Saveliev SI. The study of the impact of the developed metallurgical industry on the population health in the industrial centre. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii.* 2022;66(2):152-159. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-2-152-159

Сведения об авторах:

Клейн Светлана Владиславовна – д.м.н., профессор РАН, заведующая отделом системных методов социально-гигиенического мониторинга и экспертиз; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Вековшинина** Светлана Анатольевна – заведующая лабораторией методов социально-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: veksa@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>.

Балашов Станислав Юрьевич – руководитель ГИС-группы; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Клейн С.В.*; сбор и обработка данных: *Балашов С.Ю., Вековшинина С.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Клейн С.В., Вековшинина С.А.*; подготовка проекта рукописи: *Вековшинина С.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 выполнено при финансировании научных работ в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

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

Статья получена: 8.04.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

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

✉ Svetlana A. **Vekovshinina**, Head of the Laboratory of Methods of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: veksa@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>.

Stanislav Yu. **Balashov**, Head of GIS Group; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Author contributions: study conception and design: *Kleyn S.V.*; data collection and processing: *Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A.*; analysis and interpretation of results: *Kleyn S.V., Vekovshinina S.A.*; draft manuscript preparation: *Vekovshinina S.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: April 8, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024



Значение оценки качества жизни в контенте персонализированной реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы

Ю.Г. Анников, И.Л. Кром, М.В. Еругина, К.К. Левченко, М.Д. Томников

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, ул. Б. Казачья, д. 112, г. Саратов, 410012, Российская Федерация

Резюме

Введение. Черепно-мозговая травма является хроническим и прогрессирующим состоянием. Значительная доля пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы имеет долгосрочные физические, когнитивные и эмоциональные ограничения, оказывающие влияние на их функционирование, ресоциализацию и качество жизни.

Цель исследования: разработка персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации, включающей значения показателей качества жизни, для совершенствования реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы.

Материалы и методы. В исследование, проведенное в течение 2020–2022 гг., включены 414 респондентов трудоспособного возраста (93,6 % мужчин), тяжелая степень черепно-мозговой травмы – у 62,0 % респондентов. Лонгитюдное социологическое исследование качества жизни с использованием опросника WHOQOL-100 (ВОЗ КЖ-100) реализовано методом анкетного опроса. Для диагностики адекватности самооценки респондентов с черепно-мозговой травмой проводилась проба Дембо – Рубинштейн. Статистическая значимость различий средних показателей качества жизни групп респондентов определялась по непараметрическому критерию Манна – Уитни. Различие считалось статистически значимым при $p < 0,05$. В статье представлена разработанная авторами персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации и методология разработки шкалы. Авторами проведена валидизация разработанной шкалы (вычисление альфы Кронбаха) с использованием пакета Analysis ToolPak для Microsoft Excel 7.0.

Результаты. Исследование динамики неврологического статуса и качества жизни респондентов проводилось ежегодно в течение 2020–2022 гг. На основании шкалы реабилитационной маршрутизации А.А. Белкина и соавт. разработана персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации для пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы, включающая значения показателей их качества жизни. На основании проведенной валидизации установлена высокая внутренняя согласованность персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации, а также соответствие средних показателей качества жизни неврологическому и социальному дефицитам респондентов согласно шкале реабилитационной маршрутизации.

Заключение. Персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации решает задачу персонализированного подхода при проведении реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы.

Ключевые слова: последствия черепно-мозговой травмы, качество жизни, реабилитация, персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации.

Для цитирования: Анников Ю.Г., Кром И.Л., Еругина М.В., Левченко К.К., Томников М.Д. Значение оценки качества жизни в контенте персонализированной реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 27–33. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-27-33

Importance of the Quality of Life Assessment in the Content of Personalized Rehabilitation of Patients with Consequences of Traumatic Brain Injury

Yuri G. Annikov, Irina L. Krom, Marina V. Erugina, Kristina K. Levchenko, Maksim D. Tomnikov

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,
112 Bolshaya Kazachya Street, Saratov, 410012, Russian Federation

Summary

Introduction: Traumatic brain injury (TBI) is a chronic and progressive condition. A large proportion of patients with traumatic brain injury experience long-term physical, cognitive, and emotional limitations that affect their functioning, resocialization, and the quality of life.

Objective: To develop a personalized rehabilitation routing scale that contains values of the quality of life indicators to improve rehabilitation of patients suffering from effects of traumatic brain injury.

Materials and methods: The study was conducted in 2020–2022 and included 414 working-age patients, of whom 93.6 % were men and 62.0 % had severe traumatic brain injury. The World Health Organization Quality of Life questionnaire (WHOQOL-100) was used to conduct a longitudinal sociological survey while the Dembo-Rubinstein method was applied to establish the adequacy of self-assessment of the respondents with TBI. The statistical significance of differences in mean values of the quality of life indicators between the groups of patients was determined by the nonparametric Mann-Whitney U-test. The difference was considered significant at $p < 0.05$. The article presents the personalized rehabilitation routing scale developed by the authors and validated through Cronbach's alpha calculation using the Data Analysis ToolPak for Microsoft Excel 7.0, as well as the methodology of scale development.

Results: The neurological status and the quality of life of the respondents were checked annually during 2020–2022. Based on the rehabilitation routing scale by Belkin et al., the authors elaborated a personalized rehabilitation routing scale for patients with adverse effects of traumatic brain injury that considers values of their quality of life indicators. Method validation showed high internal consistency of our scale and correspondence of the mean quality of life indicators to neurological and social deficiencies of the respondents according to the rehabilitation routing scale.

Conclusion: The personalized rehabilitation routing scale solves the task of a personalized approach to rehabilitation of patients with consequences of traumatic brain injury.

Keywords: consequences of traumatic brain injury, quality of life, rehabilitation, personalized rehabilitation routing scale.

Cite as: Annikov YuG, Krom IL, Erugina MV, Levchenko KK, Tomnikov MD. Importance of the quality of life assessment in the content of personalized rehabilitation of patients with consequences of traumatic brain injury. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):27–33. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-27-33

Введение. Черепно-мозговая травма (ЧМТ) является ведущей причиной смертности, длительной нетрудоспособности и приобретенной инвалидности среди лиц моложе 45 лет [1–5] и рассматривается как одна из важнейших мультидисциплинарных проблем популяционного здоровья населения различных стран [6]. Современные исследования свидетельствуют, что ЧМТ является не «временным событием», а хроническим и прогрессирующим состоянием [7, 8], при котором функциональные ограничения сохраняются спустя десятилетия [9–12]. Последствия ЧМТ являются витальной проблемой [13]. Значительная доля пациентов с ЧМТ имеет долгосрочные физические, когнитивные и эмоциональные ограничения [14–16], оказывающие влияние на их функционирование, ресоциализацию и качество жизни [17–19] в результате сложного взаимодействия между факторами травмы, когнитивными и личностными характеристиками [20, 21].

Комплексная медико-социальная реабилитация может улучшить социальную интеграцию и функциональную независимость даже в отдаленный период после ЧМТ [22, 23]. Предпосылкой эффективной реабилитации является адекватная оценка тяжести ЧМТ [24, 25]. По мнению N. Marklund et al. [1], результаты нейровизуализации при ЧМТ и потребности в реабилитации слабо коррелируют. Стандартное неврологическое обследование в первую очередь направлено не на описание потребностей в реабилитации, а на содействие процессу дифференциальной диагностики в соответствии с принципами МКБ-10. Пациенты с одинаковым диагнозом по МКБ-10 часто имеют разные потребности в реабилитации [11]. В настоящее время делается акцент на разработке персонализированного подхода при проведении реабилитации.

В Саратовском регионе разработана система реабилитации, принципы организации которой позволяют использовать ее как «полноценный медико-социальный сервис любого медицинского профиля»². Однако до настоящего времени имеются лишь единичные исследования, посвященные вопросам персонализированной реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ.

Цель исследования – разработка персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации, включающей значения показателей качества жизни, для совершенствования реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ.

Материалы и методы. Исследование проведено в течение 2020–2022 гг. в нейрохирургических отделениях медицинских организаций, расположенных на территории Саратовского региона. В исследование включены 414 респондентов трудоспособного возраста (93,6 % мужчин), из которых 14 пациентов – с сочетанной травмой (ЧМТ и травма опорно-двигательного аппарата). 26,0 % респондентов перенесли ЧМТ легкой степени, 12,0 % – средней

степени тяжести, тяжелая степень ЧМТ у 62,0 % респондентов. ЧМТ в течение последних 5 лет в анамнезе 54,0 % респондентов.

Исследование динамики неврологического статуса проводилось ежегодно в течение 2020–2022 гг., в ходе которого выделены три группы респондентов с различными клиническими вариантами последствий ЧМТ: клиническим ухудшением, стабилизацией и клиническим улучшением соматического состояния.

Лонгитюдное социологическое исследование качества жизни с использованием опросника WHOQOL-100 <https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-100> (ВОЗ КЖ-100), проведенное в течение 2020–2022 гг., реализовано методом анкетного опроса. Для диагностики адекватности самооценки респондентов с ЧМТ проводилась проба Дембо – Рубинштейн.

Письменное информированное согласие было получено от всех участников исследования. Проведение исследования одобрено этическим комитетом при ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России (протокол № 9 от 06.06.2017).

Анализ результатов проведенного анкетирования респондентов проводился с использованием программ SPSS PASW Statistic 18 и Microsoft Excel 7.0 и включал предварительную обработку анкет, подготовку данных для ввода в SPSS и анализ полученных результатов. Статистическая достоверность различия средних показателей качества жизни групп респондентов определялась по непараметрическому критерию Манна – Уитни. Различие считалось статистически значимым при $p < 0,05$.

Для разработки персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации из включенных в исследование пациентов с последствиями ЧМТ сформирована группа респондентов с неврологическими и социальными депривациями, соответствующими неврологическому статусу и уровню зависимости от посторонней помощи, описанным в ШРМ. У респондентов определены общий показатель качества жизни и средние показатели качества жизни в сферах опросника ВОЗ КЖ-100. Показатели качества жизни, а также соответствующая им степень тяжести перенесенной ЧМТ внесены в ШРМ. Для определения внутренней согласованности разработанной персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации, а также соответствия средних показателей качества жизни неврологическому и социальному дефицитам респондентов, описанным в ШРМ А.А. Белкина и соавт., при помощи пакета Analysis ToolPak для Microsoft Excel 7.0 проведена валидизация разработанной шкалы (вычисление альфы Кронбаха) с использованием данных анкетирования (ВОЗ КЖ-100) и клинического осмотра 20 пациентов с последствиями ЧМТ, проходивших курс амбулаторного лечения и/или получавших услуги по медицинской реабилитации в различных условиях оказания медицинской помощи. Установлена высокая внутренняя согласованность

¹ Лихтерман Л.Б. Черепно-мозговая травма. Диагностика и лечение. Москва, 2014. 488 с.

² Федонников А.С. Совершенствование управления медицинской реабилитацией пациентов с патологией опорно-двигательной системы: дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2020. 433 с.

³ Опросник качества жизни ВОЗ (WHO Quality of Life, WHOQOL) разработан Всемирной организацией здравоохранения как инструмент оценки качества жизни людей вне зависимости от социального, культурного, демографического и политического контекста. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-100> (ВОЗ КЖ-100) (дата обращения: 02.03.2024)

персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации (альфа Кронбаха = 0,95).

Результаты. При проведении ежегодного исследования у 64,7 % респондентов диагностировано клиническое ухудшение, которое в 96 % случаев выражалось в усилении выраженности общемозговой симптоматики (головные боли, головокружение, тошнота), когнитивных нарушений (снижение памяти и концентрации внимания) и астенического синдрома (быстрая утомляемость, раздражительность, снижение трудовой активности, нарушение сна, слабость). В 4 % случаев отмечалось появление новой симптоматики (посттравматическая эпилепсия). При проведении исследования качества жизни респондентов, клиническое ухудшение состояния сопровождалось снижением показателей качества жизни в «Физической», «Психологической» сферах, сфере «Окружающая среда» и общего показателя качества жизни в динамике ($p = 0,000–0,045$).

Клиническая картина сохранилась стабильной, показатели качества жизни в различных сферах и общий показатель качества жизни при повторном исследовании остались без изменений у 6,3 % респондентов. Пирамидная симптоматика (моно- и гемипарезы) без динамики в течение ряда лет сочеталась с периодическими головными болями и головокружениями умеренного характера.

У 24,9 % респондентов отмечалось клиническое улучшение: частичный или полный регресс афазий (4,1 % пациентов), частичный или полный регресс моно- и гемипарезов (4,7 % пациентов), уменьшение частоты судорожных или эпилептических приступов до одного раза в несколько лет или полное их отсутствие (4,1 % пациентов), регресс астенического синдрома (12,0 % пациентов), которое сопровождалось повышением качества жизни респондентов в «Физической» сфере, сферах «Социальные отношения», «Окружающая среда» и «Духовная» сфере, а также общего показателя качества жизни в динамике ($p = 0,01–0,05$).

При проведении лонгитюдного исследования качества жизни пациентов с последствиями ЧМТ установлено соответствие динамики клинического состояния и средних значений показателей их качества жизни [26].

С целью оптимизации этапной помощи пациентам с перенесенной ЧМТ А.А. Белкиным и соавт. [27] разработана ШРМ, опыт применения которой «продемонстрировал эффективность инструмента в маршрутизации пациентов с острой церебральной недостаточностью» [27]. ШРМ учитывает неврологический статус и уровень зависимости от посторонней помощи пациентов, перенесших острую церебральную недостаточность в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Для совершенствования реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ и персонализации междисциплинарных направлений поэтапной реабилитации нами разработана персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации. На основании проведенной валидации персонализированной

шкалы реабилитационной маршрутизации установлена высокая внутренняя согласованность представленной нами шкалы (альфа Кронбаха = 0,95), а также соответствие средних показателей качества жизни неврологическому и социальному дефицитам респондентов согласно ШРМ А.А. Белкина и соавт. Включенные в ШРМ средние значения показателей качества жизни устанавливают соматически и социально детерминированные ограничения качества жизни пациентов с последствиями ЧМТ (таблица).

Ограничения исследования: группа пациентов с ЧМТ тяжелой степени (6 баллов по градации оценки шкалы реабилитационной маршрутизации А.А. Белкина и соавт. в зависимости от степени тяжести ЧМТ) не включена в персонализированную шкалу реабилитационной маршрутизации из-за невозможности оценки качества жизни в связи со значительными нарушениями коммуникативных функций пациентов.

Обсуждение. Следует отметить отсутствие в клинической практике объективных лабораторных диагностических маркеров динамики состояния пациентов с перенесенной ЧМТ. Кроме того, динамика состояния данной группы пациентов не всегда соотносится с изменениями при проведении нейровизуализационных методов исследования (КТ и/или МРТ) [13].

М. Giustini et al.⁴ рассматривают качество жизни как критерий оценки состояния пациентов с перенесенной ЧМТ. Проведенное нами исследование, как и исследование AIR Maas et al.⁵, обсуждает качество жизни пациентов с перенесенной ЧМТ среди факторов, определяющих исходы ЧМТ.

Комплексная медико-социальная реабилитация может улучшить социальную интеграцию и функциональную независимость пациентов даже в отдаленный период после ЧМТ [28]. Предпосылкой эффективной реабилитации является адекватная оценка тяжести ЧМТ [29]. По мнению N. Marklund et al. [1], результаты нейровизуализации при ЧМТ и потребности в реабилитации слабо коррелируют. Стандартное неврологическое обследование в первую очередь направлено не на описание потребностей в реабилитации, а на содействие процессу дифференциальной диагностики в соответствии с принципами МКБ-10. Пациенты с одинаковым диагнозом по МКБ-10 часто имеют разные потребности в реабилитации.

В связи с тем что «в практике реабилитации маршрутизация пациентов в зависимости от уровня их зависимости всегда была основополагающей» [27], в настоящее время делается акцент на разработке персонализированного подхода при проведении реабилитации, предполагающего коррекцию нарушений показателей качества жизни пациентов с перенесенной ЧМТ, детерминированных неврологическим и социальным дефицитом.

Заключение. Задачу персонализированного подхода при проведении реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ решает предложенная нами

⁴ Giustini M, Longo E, Azicnuda E, et al. Health-related quality of life after traumatic brain injury: Italian validation of the QOLIBRI. *Funct Neurol*. 2014;29(3):167–176.

⁵ Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, et al. Traumatic brain injury: Integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol*. 2017;16(12):987–1048. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30371-X

Таблица. Персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации

Table. Personalized rehabilitation routing scale

Градации оценки ШРМ в зависимости от степени тяжести ЧМТ / Gradations of rehabilitation routing scale score depending on TBI severity	Общий показатель КЖ (опросник ВОЗ КЖ-100) (в баллах) / General indicator of QOL (WHOQOL-100 questionnaire) (in points)	Описание статуса / Status description	Показатели КЖ по сферам и субсферам опросника ВОЗ КЖ-100 (в баллах) / QOL indicators by areas and subareas of the WHOQOL-100 questionnaire (in points)
		Вариант течения последствий ЧМТ (ухудшение/стабилизация/улучшение) / TBI outcomes (worsening/stabilization/improvement)	
0 ЧМТ легкой ст. тяжести / Mild TBI	≥ 71,9	Нет симптомов / No symptoms	ФС / PH: ≥ 11,7 ПС / PA: ≥ 13,6 УН / LI: ≥ 10,4 СО / SR: ≥ 12,4 ОС / E: ≥ 11,6 ДС / S: ≥ 12,2
1 ЧМТ легкой ст. тяжести / Mild TBI	69,9–71,8	Отсутствие значимых нарушений жизнедеятельности, несмотря на имеющиеся симптомы заболевания: а) может вернуться к прежнему образу жизни (работа, обучение), поддерживать прежний уровень активности и социальной жизни; б) тратит столько же времени на выполнение дел, как и раньше до болезни / No significant impairments despite observed symptoms of the disease: a) the patient can return to usual lifestyle (work, study) and maintain the habitual level of activity and social life; b) he spends the same amount of time doing things as before	ФС / PH: 11,6 – 11,69 ПС / PA: 13,5 – 13,59 УН / LI: 10,0 – 10,39 СО / SR: 12,31 – 12,39 ОС / E: 11,1 – 11,59 ДС / S: – 11,4 – 12,1
2 ЧМТ легкой ст. тяжести/средней ст. тяжести / Mild/Moderate TBI	67,0 – 69,8	Легкое ограничение жизнедеятельности: а) не может выполнять ту активность, которая была до заболевания (управление транспортным средством, чтение, письмо, танцы, работа и др.), но может справиться со своими делами без посторонней помощи; б) может самостоятельно за собой ухаживать (сам одевается и раздевается, ходит в магазин, готовит простую еду, может совершать небольшие путешествия и переезды, самостоятельно передвигается); в) не нуждается в наблюдении; г) может проживать один дома от недели и более без помощи / Mild disability: a) the patient cannot perform certain activities (driving, reading, writing, dancing, working, etc.) as before but can manage well in daily life without assistance; b) he can take care of himself (dress/undress, go shopping, cook simple meals, take little trips, move on his own); c) He doesn't need to be monitored; d) he can live on his own for a week or more	ФС / PH: 10,6 – 11,5 ПС / PA: 12,9 – 13,4 УН / LI: 9,8 – 9,9 СО / SR: 11,7 – 12,30 ОС / E: 11,0 – 11,09 ДС / S: 11,0 – 11,3
3 ЧМТ легкой ст. тяжести / средней ст. тяжести / Mild/Moderate TBI	63,6 – 66,9	Ограничение жизнедеятельности, умеренное по своей выраженности: а) может передвигаться самостоятельно без посторонней помощи; б) самостоятельно одевается, раздевается, ходит в туалет, ест и выполняет другие виды повседневной активности; в) нуждается в помощи при выполнении сложных видов активности: приготовление пищи, уборке дома, поход в магазин за покупками и другие; г) нуждается в помощниках при ведении финансовых дел; д) может проживать один дома без помощи от 1 суток до 1 недели / Moderate limitation of life activities: a) the patient can move without assistance; b) he dresses, undresses, goes to the toilet, eats, and performs other daily activities himself; c) he needs assistance with such complex activities as cooking, cleaning the house, shopping, etc.; d) he needs assistance in financial matters; e) he can live on his own for 1 to 7 days	ФС / PH: 9,3 – 10,5 ПС / PA: 12,7 – 12,8 УН / LI: 9,5 – 9,7 СО / SR: 11,2 – 11,6 ОС / E: 10,9 – 10,99 ДС / S: 10,0 – 10,9
4 ЧМТ средней ст. тяжести / тяжелой ст. / Moderate/ severe TBI	59,9 – 63,5	Выраженное ограничение жизнедеятельности: а) не может передвигаться самостоятельно без посторонней помощи; б) нуждается в помощи при выполнении повседневных задач: одевание, раздевание, туалет, прием пищи и др.; в) в обычной жизни нуждается в ухаживающем; г) может проживать один дома без помощи до 1 суток / Severe limitation of life activities: a) the patient cannot move without assistance; b) he needs help with everyday tasks: dressing, undressing, toileting, eating, etc.; c) he needs a caregiver in daily life; d) he can live on his own for up to 24 hrs	ФС / PH: 9,1 – 9,2 ПС / PA: 12,1 – 12,6 УН / LI: 9,0 – 9,4 СО / SR: 10,1 – 11,1 ОС / E: 10,6 – 10,8 ДС / S: 9,0 – 9,9
5 ЧМТ тяжелой ст. / Severe TBI	≤ 59,8	Грубое нарушение процессов жизнедеятельности: а) пациент прикован к постели; б) не может передвигаться самостоятельно без посторонней помощи; в) нуждается в постоянном внимании, помощи при выполнении всех повседневных задач: одевание, раздевание, туалет, прием пищи, и др.; г) нуждается в ухаживающем постоянно (и днем, и ночью); д) не может быть оставлен один дома без посторонней помощи / Severe disability: a) the patient is bedridden; b) he cannot move without assistance; c) he needs constant attention and assistance with all everyday tasks: dressing, undressing, toileting, eating, etc.; d) he needs a caregiver around the clock; e) he cannot be left at home alone	ФС / PH: ≤ 9,09 ПС / PA: ≤ 12,09 УН / LI: ≤ 8,99 СО / SR: ≤ 10,09 ОС / E: ≤ 10,59 ДС / S: ≤ 8,9

Сокращения: ФС – Физическая сфера, ПС – Психологическая сфера, УН – сфера «Уровень независимости», СО – сфера «Социальные отношения», ОС – сфера «Окружающая среда», ДС – Духовная сфера.

Abbreviations: TBI, traumatic brain injury; QOL, quality of life; PH, physical health; PA, psychological area; LI, level of independence; SR, social relations; E, environment; S, spirituality.

персонализированная шкала реабилитационной маршрутизации, разработанная на основе ШРМ А.А. Белкина и соавт. Включенные нами в ШРМ средние значения показателей качества жизни, соответствующие неврологическому и социальному дефицитам респондентов согласно ШРМ, определяют перспективы организации персонализированной реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ различной степени тяжести на этапах реабилитации.

Персонализированная реабилитация направлена на коррекцию нарушений показателей качества жизни, детерминированных неврологическим и социальным дефицитом пациентов с последствиями ЧМТ. При отсутствии в клинической практике специфических лабораторных маркеров и не всегда достаточной информативности нейровизуальных методов исследования для верификации последствий ЧМТ качество жизни может рассматриваться как объективный критерий прогноза, определяющий контент персонализированной реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ. Разработка персонализированной шкалы реабилитационной маршрутизации инициирует детерминацию междисциплинарных направлений поэтапной реабилитации пациентов с последствиями ЧМТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Marklund N, Bellander BM, Godbolt AK, Levin H, McCrory P, Thelin EP. Treatments and rehabilitation in the acute and chronic state of traumatic brain injury. *J Intern Med*. 2019;285(6):608–623. doi: 10.1111/joim.12900
- Немкова С.А. Современные возможности комплексной диагностики и коррекции последствий черепно-мозговой травмы // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019. Т. 119. № 10. С. 94–102.
- Щукри А.А., Ноговицина Е.М. Современные тенденции в области нейрохирургии тяжелых черепно-мозговых травм // Вестник Авиценны. 2021. Т. 23. № 4. С. 595–608.
- Ребко А.А. Легкая черепно-мозговая травма: современный взгляд на проблему // Проблемы здоровья и экологии. 2020. Т. 2. № 64. С. 21–27.
- Соловьева Ю.А., Шурыгин А.А. Смертность от черепно-мозговых травм взрослого населения города Челябинска и челябинской области // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2023. № 3. С. 1046–1069.
- Capizzi A, Woo J, Verduzco-Gutierrez M. Traumatic brain injury: An overview of epidemiology, pathophysiology, and medical management. *Med Clin North Am*. 2020;104(2):213–238. doi: 10.1016/j.mcna.2019.11.001
- Wilson L, Stewart W, Dams-O'Connor K, et al. The chronic and evolving neurological consequence of traumatic brain injury. *Lancet Neurol*. 2017;16(10):813–825. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30279-X
- Chendrasekhar A, Kuczbalski B, Cohen D, et al. Delayed sequelae related to mild traumatic brain injury in children. *Glob Pediatr Health*. 2020;7:2333794X20947988. doi: 10.1177/2333794X20947988
- Браш Н.Г., Симонова Н.В., Архипова М.И., Шпинёв А.В. Результаты исследования когнитивных функций у пациентов, перенесших черепно-мозговую травму. Якутский медицинский журнал. 2022. № 2(78). С. 23–26.
- Жакупова Я.Т., Атаманов А.А., Мокина Я.В. Особенности когнитивных нарушений у пациентов с отдаленными последствиями черепно-мозговых травм // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Познание. 2021. № 9. С. 20–25.
- Злобина О.Ю., Айхаева А.В., Разумович А.Г. Характеристика психиатрических последствий черепно-мозговой травмы в амбулаторно-поликлиническом психиатрическом звене // Научное обозрение. Медицинские науки. 2022. № 1. С. 21–27.
- Andelic N, Howe EI, Hellström T, et al. Disability and quality of life 20 years after traumatic brain injury. *Brain Behav*. 2018;8(7):e01018. doi: 10.1002/brb3.1018
- Thapa K, Khan H, Singh TG, Kaur A. Traumatic brain injury: Mechanistic insight on pathophysiology and potential therapeutic targets. *J Mol Neurosci*. 2021;71(9):1725–1742. doi: 10.1007/s12031-021-01841-7
- Лихтерман Л.Б., Кравчук А.Д., Охлопков В.А. Учение о последствиях черепно-мозговой травмы. Часть III. Концептуальные подходы к лечению последствий черепно-мозговой травмы // Клинический разбор в общей медицине. 2021. № 7. С. 45–51.
- Карасева Т.А., Щербакоева Д.А., Петрова Е.В., Агафонкина А.А. Клинические особенности психоорганического синдрома в отдаленном периоде черепно-мозговой травмы // Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. 2021. № 13 (S1). С. 186.
- Ельчанинова Е.Ю., Ручейкина Н.Ю., Тибейкина О.А. Связь черепно-мозговой травмы с риском и особенностями течения рассеянного склероза. *Scientist (Russia)*. 2023. № 4 (26). С. 186–189.
- Семин Д.А., Орлова В.М., Снегирева Т.Г. Качество жизни и психическое здоровье пациентов после черепно-мозговой травмы // Head and Neck / Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации «Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи». 2022. № 10 (S2S2). С. 120–122.
- Mulyadi M, Harianto S, Tonapa SI, Lee BO. Early quality-of-life changes in mild traumatic brain injury: A prospective study. *J Trauma Nurs*. 2023;30(2):75–82. doi: 10.1097/JTN.0000000000000706
- Poritz JMP, Sherer M, Kisala PA, Tulskey D, Leon-Novelo L, Ngan E. Responsiveness of the Traumatic Brain Injury – Quality of Life (TBI-QOL) measurement system. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(1):54–61. doi: 10.1016/j.apmr.2017.11.018
- Колесников А.Н., Антропова О.С., Коктышев И.В., Бутева Л.В. Модель прогнозирования развития когнитивных нарушений у больных с черепно-мозговой травмой при персонализированном подходе // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2019. Т. 28. № 1. С. 6–9.
- Браш Н.Г., Симонова Н.В., Архипова М.И., Шпинёв А.В. Оценка когнитивных функций у больных в отдаленном периоде черепно-мозговой травмы // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. № 21 (S2). С. 30–31.
- Киселев Н.И., Лим В.Г., Новиков А.В. и др. Комплексная реабилитация пациента после тяжелой закрытой черепно-мозговой травмы с выраженными двигательными и когнитивными нарушениями // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120. № 5. С. 88–92.
- Шпичко А.И. Реабилитация пациентов с последствиями тяжелой черепно-мозговой травмы // Клиническая неврология. 2020. № 1. С. 21–25.
- Тагиль А.О., Тимошенков А.Д., Солдатенкова А.Ю. Соотношение клинической картины черепно-мозговой травмы с данными инструментальных методов исследования // Смоленский медицинский альманах. 2019. № 1. С. 267–268.
- Алексеев Ю.В. Легкая черепно-мозговая травма. Лекция // Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. 2022. Т. 12. № 4. С. 444–458.

26. Анников Ю.Г., Кром И.Л., Еругина М.В. и др. Объективизация отдаленного прогноза пациентов с перенесенной черепно-мозговой травмой // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 18. № 2. С. 189–191. doi: 10.14300/mnnc.2023.18043
 27. Белкин А.А. и др. Оптимизация этапной помощи пациентам отделений реанимации и интенсивной терапии на основе градации шкалы реабилитационной маршрутизации-6 // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2021. Т. 3. № 1. С. 142–148.
 28. Середа А.Н., Конева Е.С., Ким В.В. и др. Актуальные вопросы совершенствования медико-социальной реабилитации инвалидов с последствиями черепно-мозговой травмы на муниципальном уровне // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. 2021. № 3. С. 73–80.
 29. Gerber LH, Deshpande R, Moosvi A, et al. Narrative review of clinical practice guidelines for treating people with moderate or severe traumatic brain injury. *NeuroRehabilitation*. 2021;48(4):451–467. doi: 10.3233/NRE-210024
- REFERENCES**
1. Marklund N, Bellander BM, Godbolt AK, Levin H, McCrory P, Thelin EP. Treatments and rehabilitation in the acute and chronic state of traumatic brain injury. *J Intern Med*. 2019;285(6):608–623. doi: 10.1111/joim.12900
 2. Nemkova SA. Current possibilities of complex diagnosis and treatment of the consequences of traumatic brain injury. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2019;119(10):94–102. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro201911910194
 3. Shukri AA, Nogovitsina EM. Recent advances in neurosurgical intervention for severe traumatic brain injury. *Vestnik Avitsenny*. 2021;23(4):595–608. (In Russ.) doi: 10.25005/2074-0581-2021-23-4-595-608
 4. Rebko AA. Mild traumatic brain injury: Current point of view on the problem. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2020;2(64):21–27. (In Russ.)
 5. Solov'eva YA, Shurygin AA. Mortality from traumatic brain injuries of the adult population in the city of Chelyabinsk and the Chelyabinsk region. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2023;(3):1046–1069. (In Russ.) doi: 10.24412/2312-2935-2023-3-1046-1069
 6. Capizzi A, Woo J, Verduzco-Gutierrez M. Traumatic brain injury: An overview of epidemiology, pathophysiology, and medical management. *Med Clin North Am*. 2020;104(2):213–238. doi: 10.1016/j.mcna.2019.11.001
 7. Wilson L, Stewart W, Dams-O'Connor K, et al. The chronic and evolving neurological consequence of traumatic brain injury. *Lancet Neurol*. 2017;16(10):813–825. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30279-X
 8. Chendrasekhar A, Kuczbalski B, Cohen D, et al. Delayed sequelae related to mild traumatic brain injury in children. *Glob Pediatr Health*. 2020;7:2333794X20947988. doi: 10.1177/2333794X20947988
 9. Brush NG, Simonova NV, Arkhipova MI, Shpinev AV. Results of the study of cognitive functions in patients with brain injury. *Yakutskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2022;(2(78)):23–26. (In Russ.) doi: 10.25789/YMJ.2022.78.06
 10. Zhakupova YaT, Atamanov AA, Mokina YaV. The characteristics of cognitive impairments in patients with remote effects of craniocerebral traumas. *Sovremennaya Nauka: Aktual'nye Problemy Teorii i Praktiki. Seriya: Poznanie*. 2021;(9):20–25. (In Russ.) doi: 10.37882/2500-3682.2021.09.05
 11. Zlobina OYu, Aykhaeva AV, Razumovich AG. Characteristics of psychiatric sequela of cranio-brain injury in the psychiatric outpatients. *Nauchnoe Obozrenie. Meditsinskie Nauki*. 2022;(1):21–27. (In Russ.) doi: 10.17513/srms.1228
 12. Andelic N, Howe EI, Hellström T, et al. Disability and quality of life 20 years after traumatic brain injury. *Brain Behav*. 2018;8(7):e01018. doi: 10.1002/brb3.1018
 13. Thapa K, Khan H, Singh TG, Kaur A. Traumatic brain injury: Mechanistic insight on pathophysiology and potential therapeutic targets. *J Mol Neurosci*. 2021;71(9):1725–1742. doi: 10.1007/s12031-021-01841-7
 14. Likhтерman LB, Kravchuk AD, Okhlopov VA. Theory about traumatic brain injury effects. Part III. Conceptual approaches to treatment of traumatic brain injury effects. *Klinicheskiy Razbor v Obshchey Meditsine*. 2021;(7):45–51. (In Russ.) doi: 10.47407/kr2021.2.7.00088
 15. Karaseva TA, Shcherbakova DA, Petrova EV, Agafonkin AA. [Clinical features of psychoorganic syndrome long after traumatic brain injury.] *Rossiyskiy Neyrokhirurgicheskiy Zhurnal im. Prof. A.L. Polenova*. 2021;13(S1):186. (In Russ.)
 16. Yelchaninova EYu, Rucheykina NYu, Tibeykina OA. [Relationship between traumatic brain injury and the risk and features of the course of multiple sclerosis.] *Scientist (Russia)*. 2023;(4(26)):186–189. (In Russ.)
 17. Semin DA, Orlova VM, Snegireva TG. Quality of life and mental health of patients after traumatic brain injury. *Head and Neck (Russian edition)*. 2022;10(S2S2):120–122. (In Russ.) doi: 10.25792/HN.2022.10.2.S2.120-122
 18. Mulyadi M, Harianto S, Tonapa SI, Lee BO. Early quality-of-life changes in mild traumatic brain injury: A prospective study. *J Trauma Nurs*. 2023;30(2):75–82. doi: 10.1097/JTN.0000000000000706
 19. Poritz JMP, Sherer M, Kisala PA, Tulskey D, Leon-Novelo L, Ngan E. Responsiveness of the Traumatic Brain Injury – Quality of Life (TBI-QOL) measurement system. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(1):54–61. doi: 10.1016/j.apmr.2017.11.018
 20. Kolesnikov AN, Antropova OS, Koktyshchev IV, Buteva LV. Model prediction the development of cognitive impairment in patients with cranial-brain trauma at the personalized approach. *Arkhiv Klinicheskoy i Eksperimental'noy Meditsiny*. 2019;28(1):6–9. (In Russ.)
 21. Brush NG, Simonova NV, Arkhipova MI, Shpinyov AV. [Assessment of cognitive functions in patients with remote traumatic brain injury.] *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2022;21(S2):30–31. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2022-S2
 22. Kiselev NI, Lim VG, Novikov AV, Bordina OV, Ternovoy KS. Complex rehabilitation of a patient with marked motor and cognitive impairments after a brain injury. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2020;120(5):88–92. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro202012005188
 23. Shpichko AI. Rehabilitation of patients with the consequences of severe traumatic brain injury. *Klinicheskaya Nevrologiya*. 2020;(1):21–25. (In Russ.)
 24. Tagil AO, Timoschenkov AD, Soldatenkova AY. Relation of the clinical picture of the cranial – brain injury with the data of instrumental research methods. *Smolenskiy Meditsinskiy Al'manakh*. 2019;(1):267–268. (In Russ.)
 25. Alekseenko YuV. Mild traumatic brain injury. Lecture. *Nevrologiya i Neyrokhirurgiya. Vostochnaya Evropa*. 2022;12(4):444–458. (In Russ.) doi: 10.34883/PI.2022.12.4.038
 26. Annikov YuG, Krom IL, Erugina MV, Orlova MM, Dolgova EM, Bochkareva GN. The value of health-related quality of life in objectivizing the long-term prognosis of patients with post-traumatic brain injury. *Medical News of North Caucasus*. 2023;18(2):189–190. doi: 10.14300/mnnc.2023.18043

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-27-33>
Original Research Article

27. Belkin AA, Rudnik EN, Belkin VA, Pinchuk EA, Lipovka NS. Optimization of step-by-step care for patients in intensive care units based on grade 6 of the rehabilitation routing scale. *Fizicheskaya i Reabilitatsionnaya Meditsina, Meditsinskaya Reabilitatsiya*. 2021;3(1):142-148. (In Russ.) doi: 10.36425/rehab64082
28. Sereda AN, Koneva ES, Kim VV, et al. Topical issues of improving medical and social rehabilitation of disabled people with the consequences of traumatic brain injury at

- the municipal level. *Vestnik Vserossiyskogo Obshchestva Spetsialistov po Mediko-Sotsial'noy Ekspertize, Reabilitatsii i Reabilitatsionnoy Industrii*. 2021;(3):73-80. (In Russ.) doi: 10.17238/issn1999-2351.2021.3.73-80
29. Gerber LH, Deshpande R, Moosvi A, et al. Narrative review of clinical practice guidelines for treating people with moderate or severe traumatic brain injury. *NeuroRehabilitation*. 2021;48(4):451-467. doi: 10.3233/NRE-210024

Сведения об авторах:

✉ **Анников Юрий Геннадьевич** – аспирант кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины); e-mail: yuri-annikov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7984-442X>.

Кром Ирина Львовна – д.м.н., профессор, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины); e-mail: irina.crom@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1355-5163>.

Еругина Марина Васильевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины); e-mail: lab48@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-5313>.

Левченко Кристина Константиновна – д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии; e-mail: obeydik@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4354-760X.

Томников Максим Дмитриевич – аспирант кафедры травматологии и ортопедии; e-mail: maksimtomnikov@yandex.ru; ORCID: 0009-0006-2938-7079.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Анников Ю.Г., Кром И.Л., Левченко К.К.; сбор данных: Анников Ю.Г.; анализ и интерпретация результатов: Анников Ю.Г., Кром И.Л., Левченко К.К., Еругина М.В.; обзор литературы: Анников Ю.Г., Томников М.Д.; подготовка проекта рукописи: Анников Ю.Г., Кром И.Л., Еругина М.В., Левченко К.К., Томников М.Д. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Письменное информированное согласие было получено от всех участников исследования. Проведение исследования одобрено этическим комитетом при ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России (протокол № 9 от 06.06.2017).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки. Работа выполнена в рамках НИР от 30.04.2021 № 121051100308-8 «Медико-социологическое обоснование направлений совершенствования регионального здравоохранения».

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

Статья получена: 02.04.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

✉ **Yuri G. Annikov**, postgraduate student, Department of Public Health and Healthcare (with the Courses in Law and History of Medicine); e-mail: yuri-annikov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7984-442X>.

Irina L. Krom, Prof., Dr. Sci. (Med.); Professor, Department of Public Health and Healthcare (with the Courses in Law and History of Medicine); e-mail: irina.crom@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1355-5163>.

Marina V. Erugina, Prof., Dr. Sci. (Med.); Head of the Department of Public Health and Healthcare (with the Courses in Law and History of Medicine); e-mail: lab48@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-5313>.

Kristina K. Levchenko, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Traumatology and Orthopedics; e-mail: obeydik@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4354-760X>.

Maksim D. Tomnikov, postgraduate student, Department of Traumatology and Orthopedics; e-mail: maksimtomnikov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2938-7079>.

Author contributions: study conception and design: Annikov Yu.G., Krom I.L., Levchenko K.K.; data collection: Annikov Yu.G.; analysis and interpretation of results: Annikov Yu.G., Krom I.L., Levchenko K.K., Erugina M.V.; bibliography compilation and referencing: Annikov Yu.G., Tomnikov M.D.; draft manuscript preparation: Annikov Yu.G., Krom I.L., Erugina M.V., Levchenko K.K., Tomnikov M.D. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Written informed consent was obtained from all study participants. The study was approved by the Ethics Committee of the Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky (protocol No. 9 of June 06, 2017).

Funding: The study was conducted within the framework of the research “Medical and sociological substantiation of areas for improvement of regional healthcare” (No. 121051100308-8 of April 30, 2021) and received no external funding.

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

Received: April 2, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024



Оценка развития метаболических нарушений при хроническом воздействии малых доз аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в эксперименте

Д.С. Карманова, Т.В. Боева, Д.А. Кряжев, В.М. Боев, Е.Л. Борщук

ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, ул. Советская, д. 6, г. Оренбург, 460014, Российская Федерация

Резюме

Введение. 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота относится к числу наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды из группы хлорорганических гербицидов. В работе изучено влияние малых доз 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты на метаболические показатели, которые изучены в меньшей степени.

Цель исследования. Оценка развития метаболических нарушений при хроническом воздействии малых доз аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в эксперименте.

Материалы и методы. Исследование проведено на 36 самцах-крыс Wistar в течение 16 недель в весенне-летний период 2022 года (11.04–31.07), суточный цикл: день/ночь – 12/12. Критерии включения животных: здоровые, масса тела (170 ± 3) г, критерии исключения: масса животного более 173 и менее 167 г, признаки болезни. Животные были разделены на контрольную группу № 1 (18 животных), опытную группу № 2 (18 животных), которая употребляла питьевую воду с содержанием 0,5 ПДК 2,4-ДА (0,3–0,4 мкг/кг/день). На 14-й неделе у животных проведен тест на толерантность к глюкозе. Для оценки развития метаболических нарушений проведено определение в сыворотке крови следующих параметров: общий белок, альбумин, креатинин, мочевая кислота, активность аспарагиновой и аланиновой трансаминаз, щелочной фосфатазы, лактатдегидрогеназы, общий холестерин, холестерин липопротеинов высокой плотности, липопротеинов очень низкой и низкой плотности, триацилглицеринов. Анализ данных проведен в программе Statistica 10.0. Данные соответствовали нормальному распределению (критерий хи-квадрат) и представлены в виде средней (M) и стандартной ошибки среднего (m).

Результаты исследования показали снижение уровня общего белка и альбумина, умеренное повышение активности сывороточных ферментов – аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы, щелочной фосфатазы и лактатдегидрогеназы. Одновременно с этим развивалась гиперхолестеринемия, триацилглицеридемия и дислиппротеинемия. Под влиянием малых доз 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты у животных развивалась инсулинорезистентность, оцениваемая по глюкозотолерантному тесту. Основные параметры хемилюминесценции в сыворотке крови – спонтанная светимость, амплитуда быстрой вспышки и светосумма у животных опытной группы были в 2,4; 9,3 и 4,1 раза выше соответственно. В опытной группе наблюдалось снижение сывороточного железа на 20 % и повышение ферритина на 12 %.

Заключение. Длительное поступление в организм 2,4-ДА в дозах 0,3–0,4 мкг/кг приводило к повышению маркеров метаболических нарушений, которые могут быть использованы для диагностики и оценки состояния метаболических процессов в организме.

Ключевые слова: окислительный стресс, дислиппротеинемия, инсулинорезистентность, ферментемия.

Для цитирования: Карманова Д.С., Боева Т.В., Кряжев Д.А., Боев В.М., Борщук Е.Л. Оценка развития метаболических нарушений при хроническом воздействии малых доз аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в эксперименте // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 34–39. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-34-39

Assessment of the Development of Metabolic Disorders Following Chronic Low-Dose Exposure to the Amine Salt of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid in the Animal Experiment

Daria S. Karmanova, Tatyana V. Boeva, Dmitrii A. Kryazhev, Viktor M. Boev, Evgeni L. Borshchuk

Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Street, Orenburg, 460014, Russian Federation

Summary

Introduction: 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-DA) is one of the most common environmental pollutants from the group of organochlorine herbicides. In our experiment, we focused on effects of low doses of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on metabolic parameters, which have been studied to a lesser extent.

Objective: To assess the development of metabolic disorders following chronic low-dose exposure to the amine salt of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in an experiment.

Materials and methods: The study was conducted on 36 male Wistar rats for 16 weeks in the spring-summer period of 2022 (11.04–31.07) with the 12/12 hour day/night cycle. Only healthy animals with the body weight of 170 ± 3 g were included in the experiment and divided into the control and exposure groups (Groups 1 and 2, respectively) of 18 animals each. The latter were exposed to 0.5 MAC of 2,4-DA administered with drinking water (0.3–0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$). At week 14, the animals underwent a glucose tolerance test. To assess the development of metabolic disorders, the following parameters were measured in blood serum: total protein, albumin, creatinine, uric acid, activity of aspartate and alanine transaminases, alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase, total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol, very low- and low-density lipoprotein cholesterol, and triacylglycerols. Statistica 10.0 was used for the analysis. The data were normally distributed (chi-squared test) and are presented as mean (M) and standard error of the mean (m).

Results: We observed a decrease in the levels of total protein and albumin and a moderate increase in the activity of serum enzymes (alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, and lactate dehydrogenase) accompanied by the development of hypercholesterolemia, triacylglyceridemia, and dyslipoproteinemia. Results of the glucose tolerance test showed that low doses of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid induced insulin resistance in the exposed animals. The main parameters of chemiluminescence in their blood serum, such as spontaneous luminescence, fast flash amplitude, and light sum, were 2.4, 9.3, and 4.1 times higher than in the controls, respectively. We also established a decrease in the level of serum iron by 20 % and an increase in that of ferritin by 12 % compared to the control rats.

Conclusions: Long-term low-dose exposure to 2,4-DA induced an increase in the level of markers of metabolic disorders, which can be used to diagnose and assess the state of metabolic processes in the body.

Keywords: oxidative stress, dyslipoproteinemia, insulin resistance, fermentemia.

Cite as: Karmanova DS, Boeva TV, Kryazhev DA, Boev VM, Borshchuk EL. Assessment of the development of metabolic disorders following chronic low-dose exposure to the amine salt of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in the animal experiment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):34–39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-34-39

Введение. Одним из наиболее опасных для здоровья населения веществ является аммониевая соль 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-ДА) [1]. В то же время подавляющее большинство исследований оценивает негативное влияние 2,4-ДА на здоровье человека с точки зрения его канцерогенности и тератогенности [2, 3], тогда как в литературе появляется все больше сведений о его токсичности в отношении различных органов и систем [4]. В частности, поступление с питьевой водой высоких концентраций 2,4-ДА приводит к изменениям в геноме [5], развитию некроза [6] и апоптоза [7].

Ранее было показано, что потребление животными воды, содержащей 2,4-ДА в малых количествах, вызывало развитие инсулинорезистентности [8], а также нарушения активности ферментов метаболизма жирных кислот [9].

Следует отметить, что, как правило, установленные эффекты 2,4-ДА касаются высоких доз, тогда как имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о необходимости изучения влияния на организм данного хлорорганического ароматического соединения при низких воздействиях. В то же время вопрос, вызывают ли низкие дозы 2,4-ДА при продолжительном введении в организм метаболические нарушения, изучен недостаточно полно, что и послужило основанием для проведения настоящего исследования [10, 11].

Цель исследования состояла в оценке развития метаболических нарушений при хроническом воздействии малых доз аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в эксперименте.

Материалы и методы. Методологической основой исследования явилось экспериментальное моделирование метаболических процессов, определяющих биохимические параметры крови в организме животного, при воздействии малых доз 2,4-ДА. Исследование продолжительностью 16 недель проводилось в весенне-летний период 2022 года (11.04–31.07).

Экспериментальное моделирование основано на концепции три R (3R), описанной У.М.С. Расселом и Р.Л. Берчем в 1959 году, в которую входят: 1) замена (Replacement), 2) сокращение (Reduction) и 3) усовершенствование (Refinement). В эксперименте использована биологическая модель первого порядка – лабораторные животные, с последующей экстраполяцией данных на человека. Исследование проведено на животных (36 самцов-крыс Vistar). До начала эксперимента масса животных составляла 170 г. Содержание животных осуществлялось в виварии с соблюдением суточного цикла (день/ночь – 12/12). Все животные составляли две группы: группа № 1 – контрольная группа (18 крыс-самцов), группа № 2 – опытная группа (18 крыс-самцов). Животные группы № 2 употребляли питьевую воду, обогащенную 2,4-ДА в концентрации, равной 0,5 ПДК согласно СанПиНу 1.2.3685–21¹.

На 14-й неделе эксперимента у 50 % экспериментальных животных каждой опытной группы

проведен тест на толерантность к глюкозе (ТТГ). Спустя 16 недель животных обеих экспериментальных групп вывели путем декапитации, используя фторотановый наркоз.

Анализ сыворотки крови проведен с использованием оборудования Cobas-6000 фирмы Roche (Швейцария) с применением специальных наборов реагентов. Проведено исследование сыворотки крови на содержание общего белка, альбумина, креатинина, мочевой кислоты, активности аспарагиновой и аланиновой трансаминаз АлАТ и АсАТ, щелочной фосфатазы (ЩФ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), концентрации общего холестерина (ХС) и его фракций – холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), липопротеинов очень низкой и низкой плотности (ЛПОНП и ЛПНП), триацилглицеринов (ТАГ).

Проведенные процедуры с экспериментальными животными, а также условия содержания соответствовали всем этическим нормам и правилам «Европейской конвенции защиты позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях» (Страсбург, Франция, 1986 год) и лабораторной практики, определенными Минздравом России (приказ Минздрава России от 01.04.2016 № 199н) (заключение локального этического комитета ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России № 291 от 14.02.2022).

Анализ полученных данных проведен с использованием пакета программ Statistica 10.0. Полученные данные концентраций исследуемых компонентов сыворотки крови соответствовали нормальному распределению (использован критерий хи-квадрат). Оценка и представление полученных значений проведено с использованием средней (*M*) и стандартной ошибки среднего (*m*). Для оценки достоверности различий применен параметрический *t*-критерий Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Ограничение исследования. Данные получены на ограниченном объеме выборки, который составил 36 особей в целом (опыт/контроль), что определяет необходимость проведения более углубленных исследований по оценке метаболических нарушений на репрезентативной выборке, а также в условиях комплексного воздействия изучаемого токсиканта (2,4-ДА). Исследование охватывает неполный перечень показателей, отражающих метаболические сдвиги в организме животных, тем не менее полученные данные в показателях обуславливают перспективы проведения и расширения эксперимента.

Результаты. После завершения эксперимента, через 16 недель полученные результаты, представленные в таблице 1 следует, что у крыс, потреблявших воду, содержащую 2,4-ДА в количестве 0,3–0,4 мкг/кг, отмечалось снижение концентрации белка в сыворотке крови на 24 %, а содержание альбумина было ниже на 10 %, чем в контроле. Содержание мочевины при этом в опытной и контрольной группах

¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

находилось в пределах нормы, но вместе с тем было ниже у животных, получавших 2,4-ДА, на 28 %. Уровень сывороточного креатинина в группах не отличался, а мочевой кислоты у крыс, получавших 2,4-ДА, был в 1,7 раза ниже, чем у интактных.

Далее из данных таблицы видно, что поступление в организм животных малых доз 2,4-ДА приводило к увеличению активности сывороточных ферментов, при этом активность АсАТ у крыс опытной группы была на 48 % выше, чем в контроле, АлАТ – на 13 %, ЩФ – на 8,6 %, а ЛДГ – на 22 %.

Длительное поступление малых доз 2,4-ДА не приводило к изменению уровня общего холестерина в сыворотке крови, но оказывало существенное влияние на его распределение по фракциям. Из материалов таблицы видно, что содержание у опытных животных ХС ЛПВП было ниже, чем в контроле, на 16 %. В итоге индекс атерогенности у крыс опытной серии был в 2 раза выше, чем у интактных животных.

Уровень ТАГ у получавших 2,4-ДА крыс был на 18 % соответственно выше, чем в контроле.

Следующий раздел таблицы отражает данные по содержанию в крови животных железа и ферритина. Видно, что длительное поступление в организм 2,4-ДА в малых дозах приводило к снижению сывороточного железа примерно на 20 %. Одновременно с этим концентрация ферритина у опытных животных, напротив, была на 12 % выше, чем у контрольных крыс.

Основные параметры, характеризующие процессы свободно-радикального окисления в сыворотке

крови, – спонтанная светимость, амплитуда быстрой вспышки и светосумма – у животных опытной группы были в 2,4; 9,3 и 4,1 раза выше соответственно, чем в контроле. Другими словами, хроническое поступление в организм животных малых доз 2,4-ДА приводило к повышению интенсивности свободнорадикальных процессов, накоплению перекисных соединений и снижению мощности механизмов антирадикальной защиты.

При проведении на 14-й неделе теста на толерантность к глюкозе изменения ее концентрации в крови у интактных животных характеризовались подъемом к 30-й минуте после перорального введения, а затем снижением практически до исходных значений через 2 часа (рисунок).

Из рис. 1 видно, что уровень глюкозы натошак у интактных и опытных животных не отличался.

Кривая, отражающая изменения концентрации глюкозы у получавших 2,4-ДА животных, характеризовалась, во-первых, более высокими значениями к 30-й минуте после перорального введения, а во-вторых, более медленным снижением ее уровня на последующих сроках. При этом к 180-й минуте теста сывороточные значения глюкозы в опытной группе на 1,25 ммоль/л превышали показатели контрольной группы.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что хроническое поступление в организм с питьевой водой 2,4-ДА в количестве 41–54 мкг/кг приводит к выраженным метаболическим изменениям у животных. Наблюдается повышение уровня маркеров метаболических

Таблица. Биохимические показатели сыворотки крови у крыс при потреблении воды, содержащей 2,4-ДА ($M \pm m$)

Table. Biochemical parameters of blood serum in rats following oral exposure to 2,4-DA in water ($M \pm m$)

Показатели, ед. / Indicators, units	Интактные / Intact (Control) $n = 18$	2,4-ДА / 2,4-DA exposure $n = 18$
Общий белок, г/л / Total protein, g/L	$73,0 \pm 1,4$	$55,7 \pm 0,58$
Альбумин, г/л / Albumin, g/L	$31,2 \pm 0,81$	$22,4 \pm 0,23^*$
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/L	$5,4 \pm 0,11$	$4,9 \pm 0,09^*$
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/L	$35,0 \pm 1,41$	$35,3 \pm 1,47$
Мочевая кислота, ммоль/л / Uric acid, mmol/L	$121,3 \pm 9,1$	$72,3 \pm 7,1^*$
АсАТ, ед./л / Aspartate transaminase, U/L	$122,5 \pm 5,9$	$181,0 \pm 11,0^*$
АлАТ, ед./л / Alanine transaminase, U/L	$49,7 \pm 2,3$	$56,03 \pm 2,3$
ЩФ, ед./л / Alkaline phosphatase, U/L	$143,6 \pm 2,0$	$156,0 \pm 5,0^*$
ЛДГ, ед./л / Lactate dehydrogenase, U/L	$534,0 \pm 18,0$	$649,0 \pm 17,0^*$
Общий ХС, моль/л / Total cholesterol, mol/L	$1,51 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,06$
ХС ЛПВП, моль/л / High density lipoprotein cholesterol, mol/L	$1,44 \pm 0,06$	$1,21 \pm 0,03^*$
ХС ЛПНП, моль/л / Low density lipoprotein cholesterol, mol/L	$0,23 \pm 0,031$	$0,18 \pm 0,03$
ХС ЛПОНП, моль/л / Very low density lipoprotein cholesterol, mol/L	$0,4 \pm 0,018$	$0,49 \pm 0,025^*$
ИА / Atherogenic index of plasma	$0,035 \pm 0,003$	$0,07 \pm 0,02^*$
ТГ, моль/л / Triacylglycerols, mol/L	$0,93 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,03^*$
Железо в сыворотке, мкмоль/л / Serum iron, $\mu\text{mol/L}$	$23,5 \pm 1,9$	$19,1 \pm 0,3^*$
Ферритин, мкг/л / Ferritin, $\mu\text{g/L}$	$125,5 \pm 5,8$	$140,8 \pm 4,7^*$
Спонтанная светимость, усл.ед. / Spontaneous luminescence, CU	$1,04 \pm 0,06$	$2,1 \pm 0,2^*$
Быстрая вспышка, усл.ед. / Fast flash, CU	$1,34 \pm 0,25$	$12,7 \pm 2,7^*$
Светосумма, усл.ед. / Light sum, CU	221 ± 31	$616 \pm 98^*$

Примечание: * – уровень статистической значимости $p \leq 0,05$.

Notes: * $p \leq 0.05$.

нарушений, которые впоследствии могут стать причиной развития более серьезных заболеваний.

Данные изменения характеризовались снижением уровня общего белка происходящего за счет фракции альбумина, уровня мочевины и мочевой кислоты, чем в контроле. Эти перечисленные признаки могут свидетельствовать о некотором снижении метаболических процессов, протекающих в печени. Прежде всего, это касается процессов синтеза альбумина и мочевины, а также катаболизма пуриновых нуклеотидов.

Следует отметить, что эти изменения, носящие достоверный характер, происходят на фоне умеренной гиперферментемии, оцениваемой по активности АсАТ, АлАТ, ЩФ и ЛДГ, что может быть свидетельством повышения проницаемости мембран гепатоцитов [12].

С изменением функции печени, вероятно, могут быть связаны и наблюдаемая дислиппротеинемия, проявляющаяся снижением доли антиатерогенной фракции холестерина, представленной ЛПВП и увеличением индекса атерогенности, а также повышению концентрации ТАГ.

Наконец, потребление воды на протяжении 16 недель, содержащей невысокие концентрации 2,4-ДА, приводило к развитию инсулинорезистентности, оцениваемой по тесту на толерантность к глюкозе.

Другими словами, длительное поступление в организм 2,4-ДА в дозах 0,3–0,4 мкг/кг приводило как к изменению уровня маркеров метаболических нарушений, связанных с нарушениями обмена веществ в организме. Таким образом, основными маркерами вероятности развития метаболических нарушений при воздействии гербицида 2,4-ДА на организм животных явились: снижение содержание белка в сыворотке крови; увеличение АсАТ, АлАТ, ЩФ, ЛДГ, ТАГ; снижение сывороточного железа.

Поскольку в исследовании показано развитие окислительного стресса у экспериментальных животных по результатам хемилюминесценции

в сыворотке крови, есть основание считать, что малые дозы 2,4-ДА при длительном поступлении в организм реализуют метаболические нарушения через активацию свободнорадикальных процессов.

Согласно современным представлениям, одним из основных механизмов общетоксического действия 2,4-ДА считается его способность вызывать окислительный стресс. Данное состояние, в свою очередь, реализуется под влиянием редокс-активных метаболитов, образующихся в процессе биотрансформации 2,4-ДА в микросомах печени при участии фракции 2E1 P450 [13, 14]. Следует отметить, что характер превращений не зависит от количества поступающего поллютанта.

Следствием снижения железа может быть нарушение биосинтеза гемоглобина и образования эритроцитов. Механизм, через который длительное поступление малых доз 2,4-ДА вызывает дефицит железа, может быть связан с нарушением его всасывания в кишечнике [15, 16]. Известно, что данный процесс регулируется гормоном гепсидином, вырабатываемым в печени, и зависит от его состояния [17]. В свою очередь, образование активных кислородных метаболитов в процессе биотрансформации ксенобиотиков, и в частности 2,4-ДА, может быть одной из причин нарушения структуры и функции гепатоцитов и приводить к нарушению синтеза этого гормона, ответственного за всасывание ионов двухвалентного железа в эритроцитах [18].

В то же время увеличение уровня ферритина в сыворотке крови, которое мы наблюдали у крыс, получавших 2,4-ДА, следует расценивать не с точки зрения повышения запасов железа в организме, а с позиции того, что данный белок является внутриклеточным и его повышение в крови есть результат повреждения гепатоцитов. Такой механизм повышения уровня ферритина в сыворотке крови, не связанный с увеличением запасов железа в организме, был показан при различных

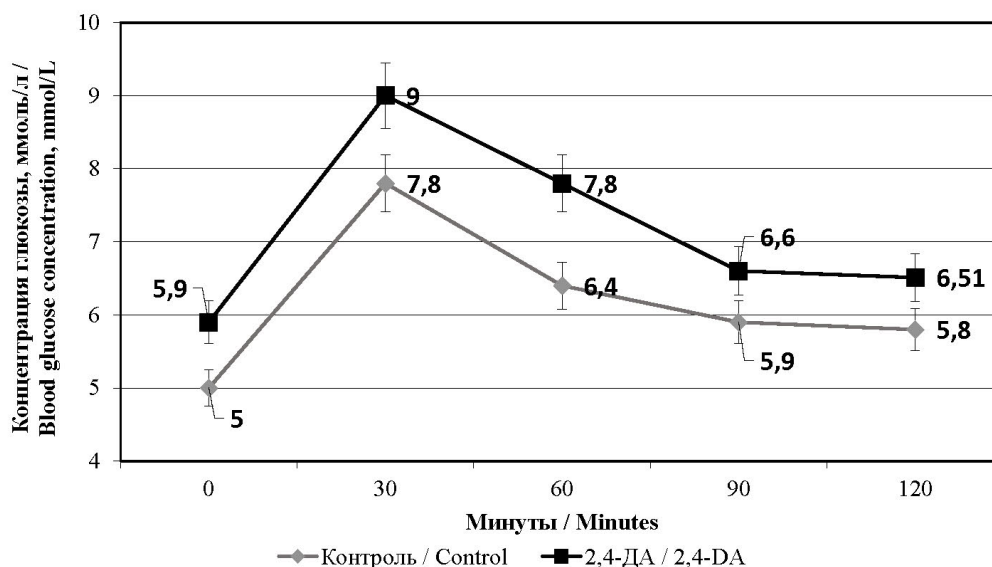


Рисунок. Концентрация глюкозы в крови крыс при проведении теста на толерантность к глюкозе
Figure. Blood glucose levels in rats measured in the glucose tolerance test

заболеваниях печени. Поскольку нами было показано, что повреждение гепатоцитов, оцениваемое по критерию гиперферментемии, происходило при длительном поступлении в организм малых доз 2,4-ДА, есть основание считать, что наблюдаемое в наших исследованиях повышение уровня ферритина в сыворотке крови отражает состояние мембран гепатоцитов, а не гомеостаз железа [19–25].

Заключение. В целом результаты данного исследования позволяют сделать вывод о том, что длительное поступление в организм веществ в количествах, которые принято считать нетоксичными, в частности 2,4-ДА, не остаются незамеченными для организма.

Особенно это положение актуально для ксенобиотиков, процесс биотрансформации которых приводит к образованию токсичных метаболитов. Это обстоятельство, на наш взгляд, делает необходимым изменение подходов к оценке безопасности для организма человека и животных различных загрязнителей и их концентрации в окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Жолдакова З.И., Синицына О.О., Мамонов Р.А., Лебедь-Шарлевич Я.И., Печникова И.А. Совершенствование требований к контролю за применением хлорсодержащих средств обеззараживания воды // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 12 (321). С. 30–35. doi: 10.35627/2219-5238/2019-321-12-30-35
Zholdakova ZI, Sinitsyna OO, Mamonov RA, Lebed-Sharlevich YaI, Pechnikova IA. Improvement of monitoring requirements over the application of chlorine-containing agents for water decontamination. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(12(321)):30-35. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-321-12-30-35
2. Schinasi L, Leon ME. Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(4):4449–4527. doi: 10.3390/ijerph110404449
3. Sameshima K, Kobae H, Fofana D, Yoshidome K, Nishi J, Miyata K. Effects of pure 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on cultured rat embryos. *Congenit Anom (Kyoto)*. 2004;44(2):93–96. doi: 10.1111/j.1741-4520.2004.00014.x
4. Singla S, Malvia S, Bairwa RP, Asif M, Goyal S. A rare case 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) poisoning. *Int J Contemp Pediatr*. 2017;4(4):1532–1533. doi: 10.18203/2349-3291.ijcp20172701
5. Venkov P, Topashka-Ancheva M, Georgieva M, Alexieva V, Karanov E. Genotoxic effect of substituted phenoxyacetic acids. *Arch Toxicol*. 2000;74(9):560–566. doi: 10.1007/s002040000147
6. Bongiovanni B, Ferri A, Brusco A, et al. Adverse effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on rat cerebellar granule cell cultures were attenuated by amphetamine. *Neurotox Res*. 2011;19(4):544–555. doi: 10.1007/s12640-010-9188-9
7. Harris SA, Villeneuve PJ, Crawley CD, et al. National study of exposure to pesticides among professional applicators: An investigation based on urinary biomarkers. *J Agric Food Chem*. 2010;58(18):10253–10261. doi: 10.1021/jf101209g
8. Красиков С.И., Боев М.В. Влияние воды, содержащей органические соединения, на развитие инсулинорезистентности в модельном эксперименте // Анализ риска здоровью – 2020: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 2. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 450–455.
Krasikov SI, Boev MV. [Impact of water containing organic compounds on the development of insulin resistance in a model experiment.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 together with the International Meeting on Environment and Health RISE-2020 and Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020;2:450–455. (In Russ.)
9. Yilmaz B, Terekci H, Sandal S, Kelestimur F. Endocrine disrupting chemicals: Exposure, effects on human health, mechanism of action, models for testing and strategies for prevention. *Rev Endocr Metab Disord*. 2020;21(1):127–147. doi: 10.1007/s1154-019-09521-z
10. Lee DH, Steffes MW, Sjödin A, Jones RS, Needham LL, Jacobs DR Jr. Low dose organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls predict obesity, dyslipidemia, and insulin resistance among people free of diabetes. *PLoS ONE*. 2011;6(1):e15977. doi: 10.1371/journal.pone.0015977
11. Mostafalou S, Abdollahi M. Pesticides: An update of human exposure and toxicity. *Arch Toxicol*. 2017;91(2):549–599. doi: 10.1007/s00204-016-1849-x
12. Toz H, Değer Y. The effect of chitosan on the erythrocyte antioxidant potential of lead toxicity-induced rats. *Biol Trace Elem Res*. 2018;184(1):114–118. doi: 10.1007/s12011-017-1164-2
13. Robin MA, Sauvage I, Grandperret T, Descatoire V, Pessayre D, Fromenty B. Ethanol increases mitochondrial cytochrome P450 2E1 in mouse liver and rat hepatocytes. *FEBS Lett*. 2005;579(30):6895–6902. doi: 10.1016/j.febslet.2005.11.029
14. Tayeb W, Nakbi A, Cheraief I, Miled A, Hammami M. Alteration of lipid status and lipid metabolism, induction of oxidative stress and lipid peroxidation by 2,4-dichlorophenoxyacetic herbicide in rat liver. *Toxicol Mech Methods*. 2013;23(6):449–458. doi: 10.3109/15376516.2013.780275
15. Dongiovanni P, Fracanzani AL, Fargion S, Valenti L. Iron in fatty liver and in the metabolic syndrome: A promising therapeutic target. *J Hepatol*. 2011;55(4):920–932. doi: 10.1016/j.jhep.2011.05.008
16. Green A, Basile R, Rumberger JM. Transferrin and iron induce insulin resistance of glucose transport in adipocytes. *Metabolism*. 2006;55(8):1042–1045. doi: 10.1016/j.metabol.2006.03.015
17. Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci Total Environ*. 2017;575:525–535. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009
18. Bukowska B, Kowalska S. The presence and toxicity of phenol derivatives – Their effect on human erythrocytes. *Curr Top Biophys*. 2003;27(1-2):43–51.
19. Schreinemachers DM. Perturbation of lipids and glucose metabolism associated with previous 2,4-D exposure: A cross-sectional study of NHANES III data, 1988–1994. *Environ Health*. 2010;9:11. doi: 10.1186/1476-069X-9-11
20. Kahn SE, Cooper ME, Del Prato S. Pathophysiology and treatment of type 2 diabetes: Perspectives on the past, present, and future. *Lancet*. 2014;383(9922):1068–1083. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62154-6
21. Kleinert M, Clemmensen C, Hofmann SM, et al. Animal models of obesity and diabetes mellitus. *Nat Rev Endocrinol*. 2018;14(3):140–162. doi: 10.1038/nrendo.2017.161
22. Yarbeygi H, Farrokhi FR, Butler AE, Sahebkar A. Insulin resistance: Review of the underlying molecular

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-34-39>
Original Research Article

- mechanisms. *J Cell Physiol.* 2019;234(6):8152-8161. doi: 10.1002/jcp.27603
23. Blüher M. Obesity: Global epidemiology and pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol.* 2019;15(5):288-298. doi: 10.1038/s41574-019-0176-8
24. Zhang R, Hou T, Cheng H, Wang X. NDUFA1 protects against obesity and insulin resistance by enhancing mitochondrial metabolism. *FASEB J.* 2019;33(12):13310-13322. doi: 10.1096/fj.201901117RR
25. Berthoud HR, Morrison CD, Münzberg H. The obesity epidemic in the face of homeostatic body weight regulation: What went wrong and how can it be fixed? *Physiol Behav.* 2020;222:112959. doi: 10.1016/j.physbeh.2020.112959

Сведения об авторах:

Карманова Дарья Сергеевна – к.м.н., доцент кафедры химии; e-mail: k_chemistry@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9278-9456>.

Боева Татьяна Валерьевна – аспирант кафедры общей гигиены; e-mail: k_chemistry@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-0202>.

✉ **Кряжев** Дмитрий Александрович – к.м.н., доцент кафедры общей и коммунальной гигиены; e-mail: kryazhev.87@inbox.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4592-3848>.

Боев Виктор Михайлович – д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой общей и коммунальной гигиены; e-mail: k_com.gig@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-1149>.

Борщук Евгений Леонидович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения № 1; e-mail: be@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>.

Информация о вкладе авторов: изучение концепции и дизайна: Боев В.М., Борщук Е.Л., Карманова Д.С.; сбор данных: Боева Т.В., Кряжев Д.А., Карманова Д.С.; анализ и интерпретация результатов: Кряжев Д.А., Боева Т.В., Карманова Д.С.; составление и реферирование библиографии: Боева Т.В., Карманова Д.С.; черновой вариант подготовки рукописи: Карманова Д.С., Кряжев Д.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: проведенные процедуры с экспериментальными животными, а также условия содержания соответствовали всем этическим нормам и правилам «Европейской конвенции защиты позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях» (Страсбург, Франция, 1986 год) и лабораторной практики, определенными Минздравом России (приказ Минздрава России от 01.04.2016 № 199н) (заключение локального этического комитета ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России № 291 от 14.02.2022).

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: соавтор статьи Борщук Е.Л. входит в редакционный совет научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 18.09.23 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

Daria S. Karmanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Lecturer, Department of Chemistry; e-mail: k_chemistry@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9278-9456>.

Tatyana V. Boeva, Postgraduate, Department of General Hygiene; e-mail: k_chemistry@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-0202>.

✉ Dmitrii A. Kryazhev, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of General Hygiene; e-mail: kryazhev.87@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4592-3848>.

Viktor M. Boev, Dr. Sci. (Med.), Prof., Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation; Head of the Department of General Hygiene; e-mail: k_com.gig@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-1149>.

Evgeni L. Borshchuk, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Department of Public Health and Healthcare No. 1; e-mail: be@orgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>.

Author contributions: study conception and design: Boev V.M., Borshchuk E.L., Karmanova D.S.; data collection: Boeva T.V., Kryazhev D.A., Karmanova D.S.; analysis and interpretation of results: Kryazhev D.A., Boeva T.V., Karmanova D.S.; bibliography compilation and referencing: Boeva T.V., Karmanova D.S.; draft manuscript preparation: Karmanova D.S., Kryazhev D.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The procedures performed with experimental animals, as well as the conditions of animal care, complied with all ethical standards and rules of the “European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes” (Strasbourg, France, 1986) and laboratory practices determined by the Ministry of Health of Russia (order of the Ministry of Health of Russia dated 04/01/2016 No. 199n) (conclusion of the local ethical committee of the Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health No. 291 dated 02/14/2022).

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: Evgeni L. Borshchuk is a member of the Editorial Council of the scientific and practical journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 18, 2023 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024



Особенности рациона, пищевых предпочтений и представлений школьников 11–12 лет о здоровом питании

Н.В. Теплякова^{1,2}, З.С. Варфоломеева¹, О.В. Поварова¹, Е.А. Черняева¹, Ю.О. Переверзева¹

¹ ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», пр. Луначарского, д. 5,
г. Череповец, 162602, Российская Федерация

² БУЗ ВО «Вологодский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики», отдел
общественного здоровья по г. Череповцу, пр. Советский, д. 98, г. Череповец, 162622, Российская Федерация

Резюме

Введение. Проблема здорового питания школьников как одного из важнейших факторов сохранения и укрепления здоровья подрастающего поколения, профилактики неинфекционных заболеваний населения в целом в качестве социально значимой проблемы осознается на международном уровне и в отдельных странах, включая Россию.

Цель исследования: выявление особенностей рациона питания, пищевых предпочтений и сформированности представлений о здоровом питании школьников 11–12 лет для определения содержания педагогической работы по поддержанию практики здорового питания с обучающимися рассматриваемой возрастной категории.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 150 пятиклассников школ г. Череповца (средний возраст составил $12,3 \pm 0,37$ года). Исследование проводилось с мая по август 2023 года. Использовался опрос, методы количественного и качественного анализа, обобщение. Опросник включал вопросы закрытого типа, объединенные в три блока, соответственно предмету изучения.

Результаты. Результаты исследования свидетельствуют о недостаточной сбалансированности питания школьников 11–12 лет. Отмечается сниженное относительно рекомендованной нормы суточное потребление чистой воды (32,0 % респондентов), в ряде случаев – отсутствие в рационе кисломолочных напитков, сыра либо творога (17,8 и 18,7 % соответственно), рыбы (51,3 %), мяса (16,7 %), яиц (23,5 %), каш (36,2 %). Зафиксирована высокая частота ежедневного потребления колбасных изделий (28,7 %), майонеза или кетчупа (19,3 %) при низком ежедневном употреблении в пищу свежих овощей и фруктов (не более 58,0 %). Выбор подростков рассматриваемого возраста в пользу соков либо сладких газированных напитков (41,5 %) и жареной пищи (52,6 %) указывает на наличие у них вредных пищевых предпочтений. Для 42,0 % опрошенных школьников 11–12 лет характерны отдельные пробелы в знаниях о здоровом питании.

Заключение. Выявленные особенности рациона, пищевых предпочтений и представлений школьников 11–12 лет о здоровом питании свидетельствуют о необходимости разработки и реализации обучающих программ соответствующей тематики.

Ключевые слова: здоровое питание, рацион питания, пищевые предпочтения, представления о здоровом питании, школьники 11–12 лет.

Для цитирования: Теплякова Н.В., Варфоломеева З.С., Поварова О.В., Черняева Е.А., Переверзева Ю.О. Особенности рациона, пищевых предпочтений и представлений школьников 11–12 лет о здоровом питании // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 40–48. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-40-48

Characteristics of the Diet, Food Preferences, and Perceptions of Healthy Eating in 11–12-Year-Old Schoolchildren

Nadezhda V. Teplyakova,^{1,2} Zoya S. Varfolomeeva,¹ Olga V. Povarova,¹
Eugenia A. Chernyaeva,¹ Julia O. Pereverzeva¹

¹ Cherepovets State University, 5 Lunacharsky Avenue, Cherepovets, 162602, Russian Federation

² Department of Public Health for Cherepovets, Center for Public Health and Preventive Medicine
in the Vologda Region, 98 Sovetsky Avenue, Cherepovets, 162622, Russian Federation

Summary

Introduction: The issue of healthy eating of schoolchildren as one of the most important factors in maintaining and improving health of the younger generation, as well as preventing non-communicable diseases in the population as a whole, is recognized as a socially significant problem at the international level and in many countries of the world, including Russia.

Objective: To establish characteristics of the diet, food preferences, and awareness about the importance of healthy eating among 11–12-year-old schoolchildren in order to determine teaching content promoting healthy eating practices in this age group.

Materials and methods: The questionnaire-based survey was conducted from May to August 2023 involving 150 fifth-year schoolchildren from Cherepovets (mean age: 12.3 ± 0.37 years). The questionnaire contained closed-ended questions grouped into three blocks corresponding to the subject of study and the answers were then analyzed using quantitative, qualitative, and generalization methods.

Results: Nutritional imbalance in the 11–12-year-old schoolchildren was established. We noted low daily consumption of potable water in 32.0 % of the respondents, the absence of fermented dairy products, cheese or cottage cheese (17.8 % and 18.7 %, respectively), as well as fish (51.3 %), meat (16.7 %), eggs (23.5 %), and porridge (36.2 %) in the diet. At the same time, we observed a high frequency of daily consumption of sausages (28.7 %), mayonnaise or ketchup (19.3 %) accompanied by low daily intake of fresh fruits and vegetables (ca. 58.0 %). Preferring sweet carbonated drinks to juices (41.5 %) and fried foods (52.6 %) indicated unhealthy dietary habits. 42.0 % of the teenagers had certain gaps in knowledge about healthy eating.

Conclusions: The established dietary habits, food preferences, and perceptions of healthy eating among 11–12-year-old schoolchildren indicate the need for proper nutrition education at school.

Keywords: healthy eating, diet, food preferences, perceptions of healthy eating, 11–12-year-old schoolchildren.

Cite as: Teplyakova NV, Varfolomeeva ZS, Povarova OV, Chernyaeva EA, Pereverzeva JO. Characteristics of the diet, food preferences, and perceptions of healthy eating in 11–12-year-old schoolchildren. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):40–48. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-40-48

Введение. В настоящее время проблема здорового питания в качестве значимой осознается на международном уровне и является предметом внимания государства и общественности в разных странах мира. В числе мер по стимулированию населения к здоровому питанию эксперты ВОЗ важную роль отводят просвещению детей и подростков в отношении практики здорового питания в рамках школьного обучения¹.

В нашей стране реализуется разработанная Роспотребнадзором санитарно-просветительская программа «Основы здорового питания»², активно используется в практике общеобразовательных организаций программа «Разговор о правильном питании», подготовленная коллективом авторов Института возрастной физиологии РАО³. Однако имеются данные о том, что наибольшее число детей, участвующих в реализации образовательных программ, представлено учащимися начальной школы. Обращает на себя внимание значительное уменьшение охвата образовательными программами обучающихся средних и старших классов школы, что, безусловно, имеет негативный характер, учитывая приоритеты рекламоассоциированного выбора продуктов среди подростков [1], их недостаточную пищевую грамотность [2] и в целом значимость формирования правильных пищевых привычек именно в подростковом возрасте [3–7]. Таким образом, вопросы оценки состояния фактического питания, выявления особенностей в информированности о принципах здорового питания и приверженности им у школьников подросткового возраста, а также разработки научно-обоснованных обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания для этой целевой группы продолжают оставаться актуальными.

В качестве одной из закономерностей формирования пищевого статуса населения в России специалисты называют значительное влияние процессов индустриализации, урбанизации, экономического развития и глобализации рынков на образ жизни, результатом чего, в частности, являются значительные отрицательные последствия в виде роста числа заболеваний, связанных с питанием [8]. Характеризуя культуру питания российского населения в целом, исследователи указывают на то, что сбалансированное питание для многих россиян пока не стало повседневной практикой, а осложняет соблюдение режима питания активный ритм жизни, большая занятость населения, отсутствие знаний, привычек в формировании здорового рациона семьи. Авторы подчеркивают, что значительная часть взрослого населения отмечают у себя отсутствие привычки в формировании здорового рациона семьи [9], что обуславливает важность информирования и просвещения общественности относительно принципов построения здорового питания в семье

[10–12]. Несбалансированный рацион семьи, в свою очередь, не может не сказаться на качестве питания и, как следствие, пищевых предпочтениях детей и подростков. Установлено, что в рационе многих школьников присутствуют продукты быстрого приготовления, сухие перекусы, обилие сладкой и жирной пищи, газированных напитков. В рационах питания школьников всех классов специалисты указывают на недостаточное потребление овощей и овощных блюд (овощных супов и овощных гарниров), молочных продуктов и фруктов, а также чрезмерно частое потребление колбас. Отмечается тенденция возрастания к старшим классам числа школьников, пренебрегающих в учебные дни домашним завтраком, и снижения частоты употребления каш, супов и овощных гарниров [13–17].

Авторы сходятся во мнении о том, что первоочередную роль в приобщении детей и подростков к здоровому стилю жизни, включая практику здорового питания, играет позитивный пример родителей и ближайшего окружения [12]. Однако современный человек стал нуждаться в освоении дополнительных, новых знаний, позволяющих ему регулировать свое поведение, связанное с питанием. В этих условиях закономерно возрастает роль школы [18, 19] и специально разработанных программ, направленных на повышение знаний школьников о правилах здорового питания. При разработке и внедрении таких программ в практику целесообразно учитывать особенности информированности о принципах здорового питания и приверженности им у обучающихся разных возрастов [1], включая подростковый⁴. Особый интерес исследователей, на наш взгляд, может представлять категория подростков 11–12 лет, перешедших со ступени начального общего образования в основную школу. Сказанное обусловило постановку цели нашего исследования.

Цель исследования состояла в выявлении особенностей рациона питания, пищевых предпочтений и сформированности представлений о здоровом питании школьников 11–12 лет для определения содержания педагогической работы по поддержанию практики здорового питания с обучающимися рассматриваемой возрастной категории.

Материалы и методы. Эмпирическое исследование проводилось на базе общеобразовательных школ г. Череповца Вологодской области. В нем приняли участие 150 обучающихся пятых классов (86 девочек и 64 мальчика), средний возраст – 12,3 ± 0,37 года. Исследование проводилось с мая по август 2023 года. Использовался опрос, методы количественного и качественного анализа, обобщение. Письменный опрос проводился с информированного согласия родителей (законных представителей несовершеннолетних). Для проведения анкетирования авторами был составлен опросник, включавший три блока вопросов соответственно

¹ Глобальный веб-сайт Всемирной организации здравоохранения. Здоровое питание. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 18.08.2023).

² Официальный сайт проекта Роспотребнадзора «Здоровое питание». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://xn----8sbehgimbc3cfabqj3b.xn--p1ai/> (дата обращения: 18.08.2023).

³ Программа «Разговор о правильном питании». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.prav-pit.ru/kids/about> (дата обращения: 18.08.2023).

⁴ Глобальный веб-сайт Всемирной организации здравоохранения. Здоровье подростков. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.who.int/ru/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1 (дата обращения: 18.08.2023).

предмету изучения, – особенности питания, пищевые предпочтения и сформированность представлений о здоровом питании. Фактическое питание респондентов изучалось частотным методом, его оценка проводилась путем сравнения с рекомендованными нормами⁵. Пищевые предпочтения выявлялись с использованием приема создания ситуации выбора. Сформированность представлений оценивалась на основе критериев правильности и полноты выбранных вариантов ответов.

Для изучения рациона питания и пищевых предпочтений подростков использовался модифицированный и дополненный авторами вариант методики оценки питания школьника, разработанной специалистами ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России [15]. Вопросы анкеты, составленные авторами, проведение исследования с участием несовершеннолетних были одобрены комиссией по биоэтике факультета биологии и здоровья человека Череповецкого государственного университета (протокол № 2 от 02.05.2023). Все вопросы были закрытого типа. Количественный анализ проводился с использованием приложения MS Excel.

Результаты. В ходе анализа питьевого режима пятиклассников мы установили, что большинство

из них ежедневно пьют необходимое количество чистой воды (см. рис. 1).

Однако, как видно на рис. 1, почти каждый четвертый из числа опрошенных пьет воду в недостаточном количестве, есть также школьники, которые пьют чистую воду очень редко. При этом, как показал опрос, соки, сладкие газированные напитки ежедневно употребляют более четверти всех респондентов, еще более 60 % – от 1 до 4 раз в неделю.

В то время как 28,7 % респондентов ежедневно получают молоко, судя по их ответам, кисломолочные напитки, а также сыр и творог ежедневно употребляют лишь 16,2 и 18,7 % соответственно, при этом примерно такое же количество опрошенных признаются, что не употребляют эти продукты вообще (см. рис. 2).

Результаты опроса указывают на низкое ежедневное потребление школьниками рассматриваемого возраста рыбы, мяса, яиц (см. рис. 3).

Как видно на рис. 3, рыба представлена в еженедельном рационе (хотя бы однократно) менее чем у 50 % респондентов. В то же время мясо в качестве еще одного источника белка ежедневно присутствует в рационе у 29,3 % детей, более половины опрошенных пятиклассников едят его хотя бы один раз в неделю. Опрос показал, что

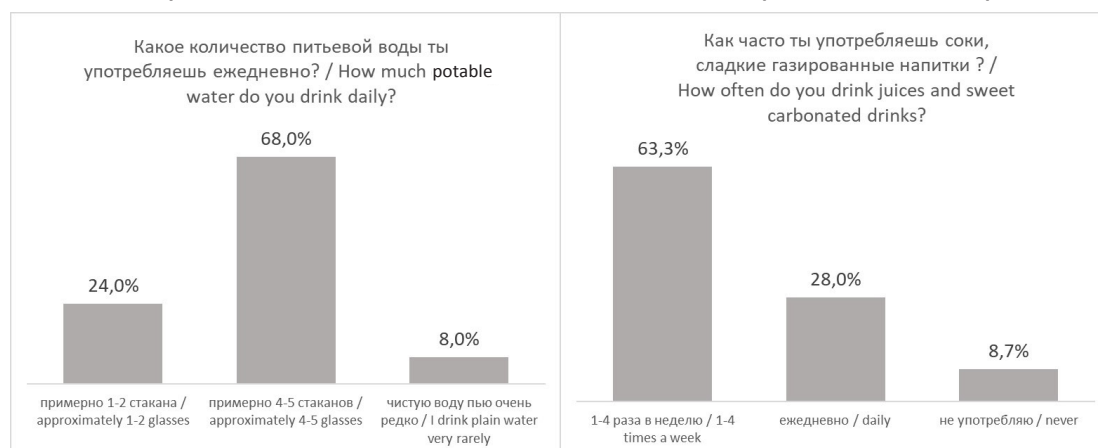


Рис. 1. Частота потребления воды и напитков школьниками 11–12 лет, %

Fig. 1. Frequency of water and beverage consumption by 11–12-year-old schoolchildren, %

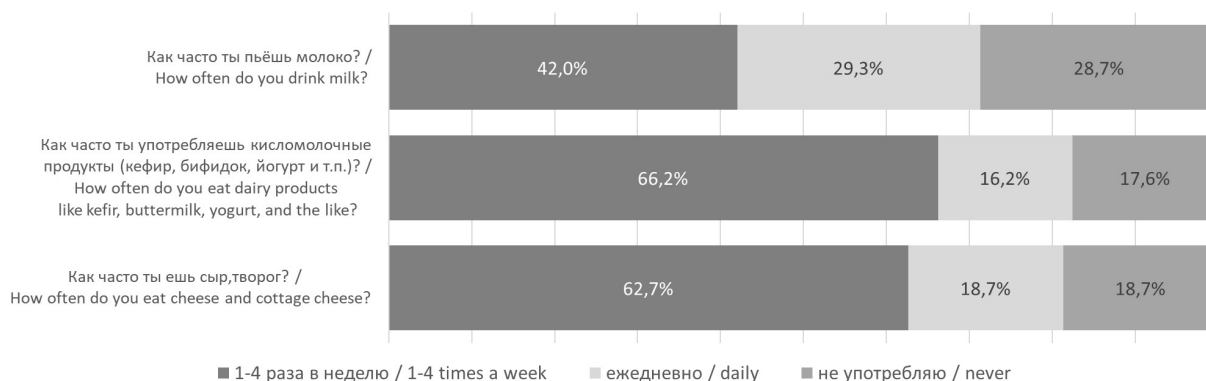


Рис. 2. Частота потребления молока и молочных продуктов школьниками 11–12 лет, %

Fig. 2. Frequency of milk and dairy product consumption by 11–12-year-old schoolchildren, %

⁵ МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/> (дата обращения: 18.08.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-40-48>
Original Research Article

в большинстве случаев яйца подростки 11–12 лет употребляют 1–4 раза в неделю, однако почти каждый четвертый из контингента опрошенных отметил, что их не употребляет вовсе.

Ожидаемо значительным оказалось потребление школьниками рассматриваемой возрастной категории колбасных изделий: на ежедневное присутствие в рационе колбасы, сосисок, сарделек и т. п. указали 28,7 % опрошенных, на периодическое их потребление – 60,4 %.

Относительно потребления майонеза и кетчупа удалось установить, что почти каждый пятый из числа опрошенных подростков 11–12 лет еже-

дневно добавляет их в пищу, еще 49,3 % детей периодически потребляют майонез и/или кетчуп. Вместе с тем около трети респондентов ответили, что не употребляют эти добавки.

В продолжение характеристики качества питания пятиклассников следует также отметить недостаточное присутствие в их рационе каш и первых (горячих) блюд. Так, в частности, не менее 36,0 % респондентов, по их признанию, не едят каши вообще, а ежедневно едят супы, бульоны только 33,0 % (см. рис. 4).

Важно отметить, что более 90,0 % пятиклассников едят картофель хотя бы один раз в неделю. Однако свежие овощи и фрукты ежедневно представлены

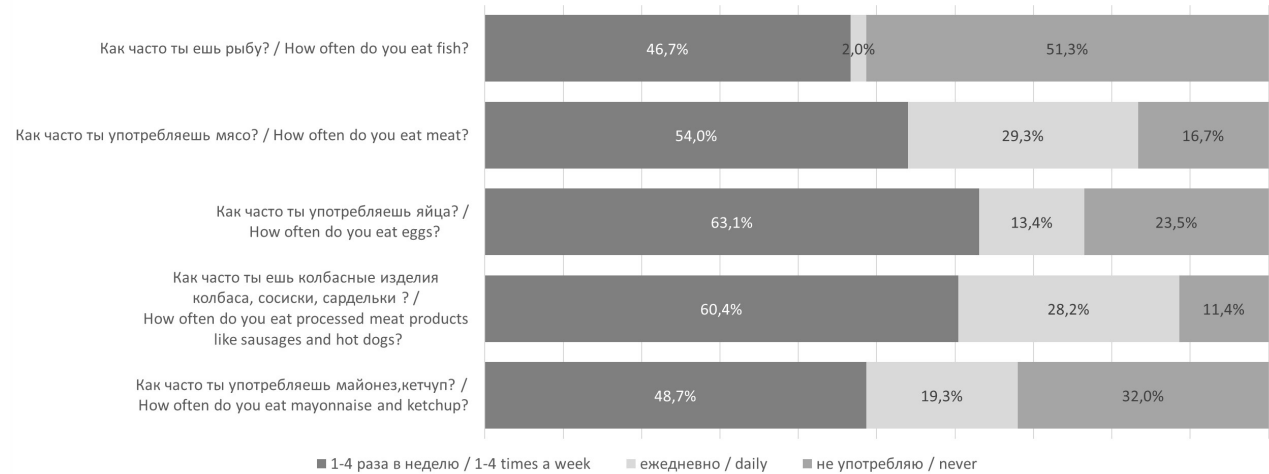


Рис. 3. Частота потребления белков животного происхождения и соусов школьниками 11–12 лет, %
Fig. 3. Frequency of animal protein and sauce consumption by 11–12-year-old schoolchildren, %

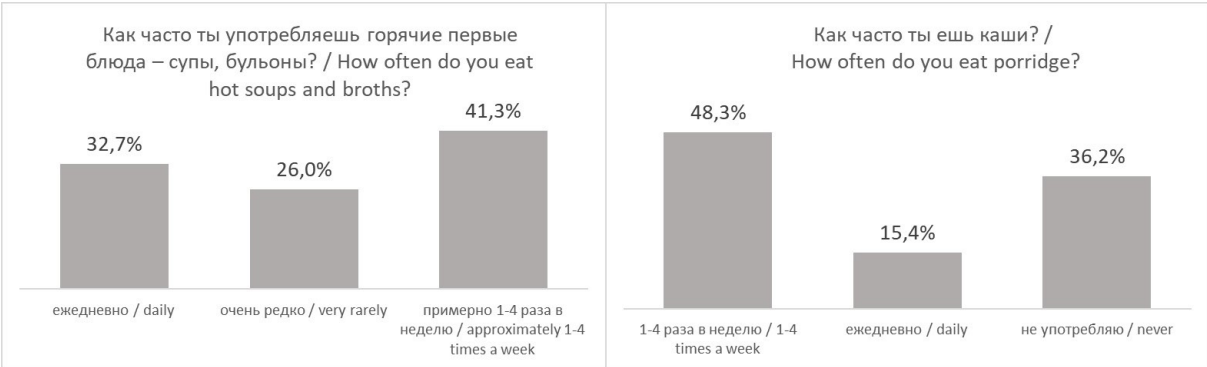


Рис. 4. Частота потребления горячих первых блюд и каш школьниками 11–12 лет, %
Fig. 4. Frequency of hot dishes and porridge consumption by 11–12-year-old schoolchildren, %

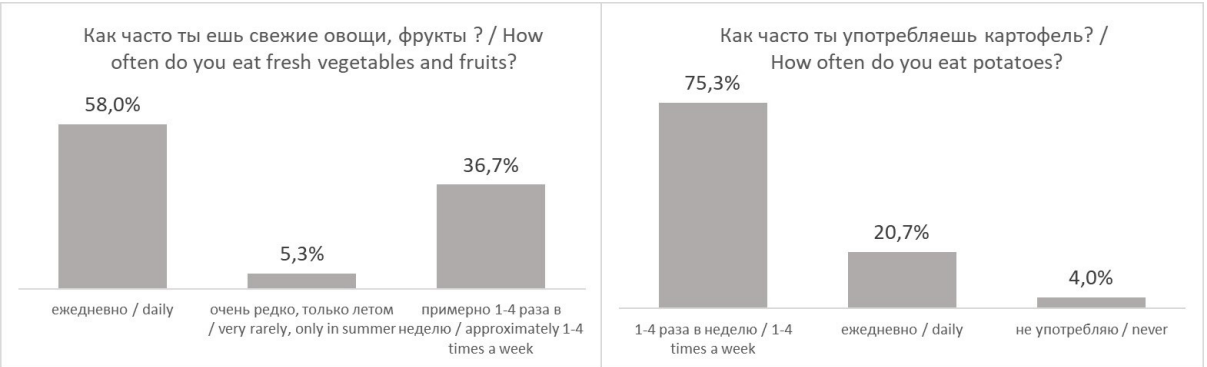


Рис. 5. Частота потребления овощей и фруктов, картофеля школьниками 11–12 лет, %
Fig. 5. Frequency of vegetable and fruit, potato consumption by 11–12-year-old schoolchildren, %

в рационе подростков 11–12 лет далеко не во всех случаях – лишь в 58,0 % из них (см. рис. 5).

Еще одна важная характеристика рациона питания рассматриваемой возрастной группы школьников – частота употребления кондитерских изделий и фастфуда (см. рис. 6).

На рис. 6 видно, что только около 5 % из числа респондентов могут сказать о том, что не едят шоколад и шоколадные конфеты, торты и пирожные, при этом ежедневно это делают 38,3 % опрошенных пятиклассников. Говоря о «вредной» составляющей рациона питания респондентов, нельзя не упомянуть о выпечке, пирогах, пирожках, пицце. Такую пищу хотя бы раз в неделю употребляют около 90 % детей.

Анкетирование показало, что продукты быстрого питания (картофель фри, гамбургер, чипсы и др.) ежедневно употребляют не более 14,0 % из числа опрошенных подростков, в то же время на периодическое их потребление в течение недели указали почти 60 % из них.

Оценка пищевых предпочтений респондентов показала, что другим напиткам школьники 11–12 лет предпочитают сок или сладкую газированную воду, далее по популярности идет чай, а наименьшее количество выборов получили напитки на основе натуральных компонентов (морс, компот, кисель).

На завтрак подростки чаще выбирают кашу, сырники, блюда из яиц, также популярны бутерброды, горячие напитки в виде чая, какао или кофе. Фруктам и овощам в ситуации выбора отдают приоритет 16,0 %, а выпечке или кондитерским изделиям – 13,1 % подростков. Наименее популярными вариантами для завтрака оказались сок и кисломолочные продукты в виде творога или кефира (см. таблицу).

Как видно в таблице, при выборе меню в школьной столовой дети исследуемой возрастной группы, которые учатся в I смену и имеют возможность питаться за счет средств родителей, предпочли выпечку, гарнир с котлетой или с сосиской, чай или какао, сок. Менее привлекательными для них оказались такие варианты: салат, гарнир с мясом, суп, каша или омлет.

В выборе перекуса в случае возможности взять его с собой из дома, купить в школьной столовой или автомате вкусы опрошенных младших подростков разошлись: примерно в равных долях они

предпочли фрукты, бутерброд, выпечку (сдобные булочки и пр.), печенье или вафли. Менее популярными вариантами оказались творожок / питьевой йогурт, а также сухарики/чипсы. Из напитков чаще выбирали воду, реже – сок.

По способу приготовления, как показал опрос, школьники в большей степени любят жареную пищу и выбрали бы такое блюдо в 53,3 % случаев, вареную пищу либо пищу, приготовленную на пару, – в 22,7 % случаев, запеченную и тушеную – значительно реже.

На вопрос: «Что бы ты выбрал, если бы сам составлял рацион питания?» школьники в первую очередь назвали салат из овощей, фрукты, продукты системы быстрого приготовления «фастфуд», суп, гарнир с мясом, котлетой, рыбой и выпечку, в меньшей степени – конфеты/торты/вафли и т. п., молочные продукты, сладкие газированные напитки.

В ходе оценки представлений школьников о здоровом питании оказалось, что подавляющее большинство подростков 11–12 лет (86,7 %) вполне или в основном согласны с мнением о том, что питание влияет на состояние здоровья человека как в школьном возрасте, так и во взрослой жизни.

На вопрос о том, какие продукты должны быть в меню каждый день, наибольшую уверенность у респондентов вызвали фрукты и овощи (66,7 %), однако наиболее полный ответ был дан только в 24,0 % случаев. В отношении состава нездоровой пищи пятиклассники оказались более осведомленными: максимально полный и верный ответ выбрали 59,3 % опрошенных школьников. Неплохую информированность в ходе опроса пятиклассники продемонстрировали и в вопросах питьевого режима (42,0 % правильных ответов), хотя 10,0 % из них считают, что в сутки достаточно выпивать один стакан воды или заменить ее любым другим напитком.

Наибольший интерес для нас представляли ответы, характеризующие знания подростков о питании бутербродами, пиццей, чипсами, шоколадными батончиками и т. п. (см. рис. 7).

Как видно на рис. 7, значительной в выборке (42,0 %) является доля пятиклассников, имеющих недостаточный уровень сформированности представлений о правильном питании.

Обсуждение. Анализ полученных данных позволяет выявить ряд дефицитов в рационе питания школьников 11–12 лет. Весьма распространенным

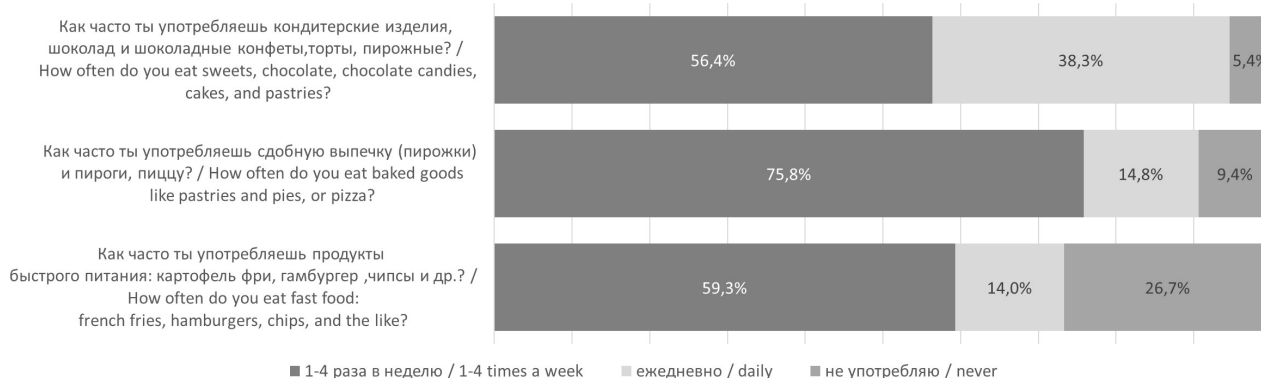


Рис. 6. Частота потребления кондитерских изделий, выпечки, фастфуда школьниками 11–12 лет, %

Fig. 6. Frequency of consumption of confectionery, bakery products, and fast food by 11–12-year-old schoolchildren, %

Таблица. Распределение ответов респондентов (школьников 11–12 лет) о пищевых предпочтениях, %
Table. Distribution of the answers of 11–12-year-old respondents to the questions about food preferences, %

Вопрос / Question	Ответ / Answer	% респондентов / % of respondents
1. Что ты выберешь при выборе напитка? (выбрать один ответ) / What will you choose when choosing a drink? (select one answer)	сок, сладкая газированная вода / juice, sweet sparkling water	41,5
	чай, кофе / tea, coffee	27,0
	питьевая вода / drinking water	17,0
	компот, кисель, морс / compote, jelly, fruit drink	14,5
2. Что ты выберешь на завтрак? (выбрать не более трех ответов) / What will you choose for breakfast? (select no more than three answers)	каша, сырники, блюда из яиц / porridge, cheesecakes, egg dishes	23,5
	бутерброд / sandwich	22,0
	чай, какао, кофе / tea, cocoa, coffee	17,7
	фрукты, овощи / fruits, vegetables	16,2
	выпечка, кондитерские изделия / baked goods, confectionery	13,1
	сок / juice	5,5
	кисломолочные продукты / fermented milk products	2,1
3. Какие блюда ты предпочитаешь кушать в школе? (выбрать не более трех ответов) / What dishes do you prefer to eat at school? (select no more than three answers)	выпечка / baking	16,8
	гарнир с котлетой / garnish with cutlet	16,2
	чай / tea	14,2
	гарнир с сосиской / garnish with sausage	13,6
	сок / juice	10,6
	салат / salad	8,0
	гарнир с мясом / garnish with meat	5,3
	какао / cocoa	5,3
	каша / porridge	4,1
	суп / soup	4,1
4. Если ты берешь с собой перекус в школу, то что предпочитаешь? (выбрать не более трех ответов) / If you take a snack with you to school, what do you prefer? (select no more than three answers)	омлет / omelette	1,8
	воду / water	20,0
	фрукты / fruit	14,0
	бутерброд / sandwich	13,3
	выпечку (сдобные булки и пр.) / pastries (buns, etc.)	13,3
	печенье, вафли и пр. / biscuits, waffles, etc.	12,7
	сок / juice	8,6
	сухарики, чипсы / croutons, chips	5,7
	творожок, питьевой йогурт / cottage cheese, drinking yogurt	5,7
	конфеты / candy	3,8
5. По способу приготовления пищи что ты выберешь? (выбрать один ответ) / In terms of cooking method, what will you choose? (select one answer)	овощи / vegetables	2,9
	жареную / fried	52,6
	вареную пищу и на пару / boiled and steamed food	23,0
	запеченую / baked	17,8
6. Что бы ты выбрал, если бы сам составлял рацион питания? (выбрать не более трех ответов) / What would you choose if you made your own diet? (select no more than three answers)	тушеную / stewed	6,6
	фрукты / fruit	17,2
	салат из овощей / vegetable salad	15,8
	продукты «фастфуд» / fast food products	14,6
	суп / soup	12,9
	гарнир с мясом, котлетой, рыбой / garnish with meat, cutlet, fish	11,7
	сладости / sweets	8,9
	газировка / soda water	5,5
	жареную пищу / fried food	4,5
	молочные продукты / dairy products	4,5
	чипсы, сухарики / chips, crackers	4,3

представляется недостаточное использование для питья чистой воды, которая нередко заменяется соками и сладкими газированными напитками. Было выявлено низкое ежедневное потребление таких продуктов, как кисломолочные напитки, сыр и творог.

Учитывая ценность белковых продуктов для растущего организма, важно указать на то, что доля респондентов, отметивших наличие в еже-

недельном рационе рыбы, по результатам нашего исследования оказалась существенно ниже, чем установленное другими авторами значение данного показателя [1, 2, 17], и может быть связано с региональными либо возрастными особенностями контингента опрошенных школьников, а также состоянием их здоровья.

В сравнении с литературными данными о ежедневном потреблении школьниками свежих фруктов

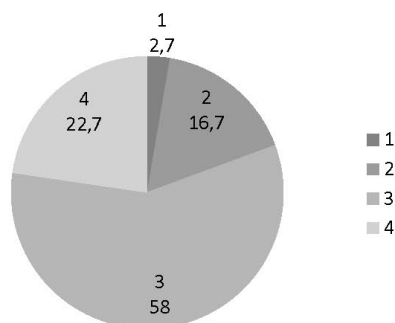


Рис. 7. Распределение ответов респондентов на вопрос: «Бутерброды, пицца, чипсы, шоколадные батончики – это ...»

Fig. 7. Distribution of respondents' answers to the question "Sandwiches, pizza, chips, chocolate bars are ..."

Примечание: 1 – «...полезная для детского организма пища»; 2 – «...пища, которую можно употреблять без вреда для здоровья»; 3 – «...пища, которая раздражает желудок и способствует развитию заболеваний»; 4 – «...пища, о пользе и вреде которой я ничего не знаю».

Notes: 1 – "...healthy food for children"; 2 – "...foods that can be consumed without harm to health"; 3 – "...foods that irritate the stomach and contribute to the development of diseases"; 4 – "...foods, about benefits and harms of which I know nothing".

на уровне 80–82 % случаев [1, 20] полученный нами результат выглядит также низким и объясняется, возможно, недостаточным финансовым благополучием семей опрошенных школьников, относительной дороговизной таких продуктов в промышленном городе, расположенном в Северо-Западном федеральном округе.

В части незначительного присутствия в рационе питания школьников каш и первых (горячих) блюд, а также высокого потребления продуктов быстрого питания (картофель фри, гамбургер, чипсы и др.) результаты нашего опроса вполне согласуются с результатами других исследований [1, 13].

При анализе пищевых предпочтений школьников рассматриваемого возраста обращает на себя внимание тот факт, что в ситуации выбора они, как правило, выбирают для себя привычную пищу. Вместе с тем из результатов опроса не вытекает однозначного вывода о том, что продукты быстрого приготовления, сладкие газированные напитки и выпечка находятся в явном приоритете у младших подростков.

Допуская некоторую связь между уровнем сформированности у подростков представлений о рациональном питании с соблюдением правил здорового питания в реальной жизненной практике, необходимо признать значительной долю пятиклассников, представляющих «группу риска» неправильного питания. Вместе с тем обнаруживается некоторое расхождение между представлениями респондентов о здоровом питании и их реальным поведением, связанным с питанием. В частности, зная о том, что фрукты и овощи должны быть в рационе ежедневно (90,7 %), в ситуации выбора предпочтение им отдает менее половины из числа тех, кто уверен в пользе такой пищи. В том, что бутерброды, пицца, чипсы, шоколадные батончики – это пища, которая раздражает желудок и способствует развитию заболеваний, уверены почти 60 % школьников. В то же время число тех, кто их употребляет в пищу хотя бы раз в неделю, превышает 70 %. Следовательно, вопрос о связи пищевого поведения подростков и их осведомленности в вопросах здорового питания требует дополнительного изучения.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о недостаточной сбалансированности питания школьников 11–12 лет, на что указывает невысокая частота потребления ими свежих овощей и фруктов, супов, каш, рыбы, кисломолочных продуктов, а также чрезмерно частое потребление колбас, картофеля, жареной пищи. Присутствие в еженедельном рационе большинства младших подростков продуктов быстрого приготовления, соков, газированных напитков указывает на риск развития у них в дальнейшем заболеваний желудочно-кишечного тракта, нарушений обмена веществ и др.

В пищевых предпочтениях младших подростков наблюдается некоторая тенденция связи с наиболее привычной для них пищей. Продукты, которые они едят редко, в ситуации выбора не являются для рассматриваемого контингента школьников приоритетными (особенно кисломолочные продукты, каши и супы). Однако продукты быстрого приготовления, сладкие газированные напитки и выпечка также не находятся в явном приоритете у младших подростков, хотя и относятся к числу предпочитаемых.

Результаты опроса позволяют судить об информированности пятиклассников по общим вопросам здорового питания, хотя имеются отдельные пробелы в их знаниях о вреде некоторых продуктов питания.

Ввиду недостаточной грамотности школьников 11–12 лет в вопросах питания и необходимости коррекции поведенческих факторов риска требуется разработка и реализация обучающих программ соответствующей тематики с использованием интерактивных форм и методов педагогической работы. Проведенное исследование позволяет дать ряд общих рекомендаций по отбору содержания таких программ. На наш взгляд, при проведении со школьниками 11–12 лет занятий, нацеленных на продвижение культуры потребления здоровых продуктов, необходимо сделать особые акценты на пользе супа, каши, свежих овощей, кисломолочных напитков, сыра и творога. Кроме того, стоит рассмотреть преимущества мяса и рыбы перед колбасными изделиями, чистой питьевой воды и компотов – перед сладкими газированными напитками, а тушеной и отварной пищи – перед жареной.

Заключение. Выявленные особенности рациона, пищевых предпочтений и представлений школьников 11–12 лет о здоровом питании свидетельствуют о необходимости разработки и реализации обучающих программ, нацеленных на стимулирование практики здорового питания подростков рассматриваемой возрастной категории. Разработке программы и проведению цикла занятий по теме «Полезно – и точка!» для учеников 5–6-х классов будет посвящен следующий этап нашего исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко С.П., Шепелева О.А., Сорокина А.В., Шевкун И.Г., Новикова И.И. Оценка знаний, формирующих у школьников осознанную потребность в здоровом питании, как основном элементе здорового образа жизни // *Science for Education Today*. 2023. Т. 13. № 1. С. 135–158. doi: 10.15293/2658-6762.2301.07
2. Соловьева Ю.В., Летучая Т.А., Горелова Ж.Ю., Костин А.Г., Зарецкая А.Р. Оценка уровня грамотности школьников в вопросах здорового питания. Тезисы XX Российского конгресса «Инновационные технологии в педиатрии и детской хирургии» с международным участием // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2021. Т. 66. № 4. С. 349. doi: 10.21508/1027-4065-congress-2021
3. Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э., Мартинчик А.Н. Анализ режима питания и продуктовой структуры суточного рациона детей 3–17 лет в Российской Федерации // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91. № 4. С. 54–63. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-4-54-63
4. Драпкина О.М., Дадаева В.А., Розанов В.Б. и др. Изменения в питании лиц мужского пола с подросткового до взрослого возраста: результаты 28-летнего проспективного исследования // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91. № 3. С. 73–84. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-3-73-84
5. Кетова Н.А., Монастырева Д.Р., Хайдук А.Р., Литвин А.А., Дроздова Т.А., Дранников М.А. Рацион питания современного школьника // *Коллекция гуманитарных исследований*. 2019. Т. 5. № 20. С. 48–56.
6. Копылова О.В., Ершова А.И., Мешков А.Н., Концевая А.В., Драпкина О.М. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний на протяжении жизни. Часть III: молодой, средний, пожилой и старческий возраст // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021. Т. 20. № 7. С. 211–223. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2991
7. Намазова-Баранова Л.С., Ковтун О.П., Ануфриева Е.В., Набойченко Е.С. Значение поведенческих детерминант в формировании избыточной массы тела и ожирения у подростков // *Профилактическая медицина*. 2019. Т. 22. № 4. С. 2043–2048. doi: 10.17116/profmed20192204243
8. Драпкина О.М., Карамнова Н.С., Концевая А.В. и др. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний (РОПНИЗ). Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021. Т. 20. № 5. С. 273–334. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2952
9. Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Культура питания российского населения (по результатам социологического исследования) // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 2. С. 13–22. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-13-22
10. Боровкова М.Г., Николаева Л.А. Анализ питания детей школьного возраста // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2021. Т. 66. № 4. С. 148–154. doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-4-148-154
11. Булатова Е.М., Бутко П.В., Шабалов А.М. и др. Нарушение пищевого поведения как предиктор ожирения и метаболического синдрома: возможна ли профилактика? // *Педиатр*. 2019. Т. 10. № 3. С. 57–61. doi: 10.17816/PED10357-61
12. Погожева А.В., Смирнова Е.А. К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 4. С. 262–272. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10060

13. Горелова Ж.Ю. Гигиеническая оценка домашнего питания современных школьников // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 8. С. 31–36. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-31-36
14. Александров А.А., Порядина Г.И., Котова М.Б., Иванова Е.И. Особенности пищевого поведения детей и подростков крупных городов (на примере школьников Москвы и Мурманска) // *Вопросы питания*. 2014. Т. 83. № 4. С. 67–74.
15. Пырьева Е.А., Гмошинская М.В., Олюшина Е.А. и др. Особенности питания современных школьников различных возрастных групп // *Фарматека*. 2020. Т. 27. № 9. С. 74–80. doi: 10.18565/pharmateca.2020.9.74-80
16. Толобаева А.А., Полупанов А.Г., Сабиров И.С., Маматов А.У., Джишамбаев Э.Д. Сравнительный анализ частоты и структуры нерационального питания среди детей и подростков, проживающих в городской и сельской местности Киргизской Республики // *Профилактическая медицина*. 2021. Т. 24. № 3. С. 37–43. doi: 10.17116/profmed20212403137
17. Подчиненова Д.В., Тарабрина А.А., Огородова Л.М., Самойлова Ю.Г., Матвеева М.В., Олейник О.А. Характеристики пищевых привычек и композиционного состава тела у детей младшего школьного возраста // *Вопросы питания*. 2023. Т. 92. № 3. С. 45–53. doi: 10.33029/0042-8833-2023-92-3-45-53
18. Александров А.А., Розанов В.Б., Зволинская Е.Ю., Пугоева Х.С. Действительно ли нужна профилактика факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний с детства? Что показывают проспективные исследования // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016. Т. 15. № 2. С. 79–82. doi: 10.15829/1728-8800-2016-2-79-82
19. Копылова О.В., Ершова А.И., Мешков А.Н., Концевая А.В., Драпкина О.М. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний на протяжении жизни. Часть II: детский и подростковый периоды // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021. Т. 20. № 6. С. 108–116. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2896
20. Соловьева Ю.В., Горелова Ж.Ю., Летучая Т.А., Мирская Н.Б., Зарецкая А.Р. Оценка знаний школьников о здоровом питании в условиях цифровой среды // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. Т. 29. № 10. С. 41–46. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46

REFERENCES

1. Romanenko SP, Shepeleva OA, Sorokina AV, Shevkun IG, Novikova II. Assessment of the knowledge that forms a conscious need for healthy nutrition in school children as the main element of a healthy lifestyle. *Science for Education Today*. 2023;13(1):135–158. (In Russ.) doi: 10.15293/2658-6762.2301.07
2. Solovyova YuV, Letuchaya TA, Gorelova ZYu, Kostin AG, Zaretskaya AR. [Assessment of the level of literacy of school children in matters of healthy nutrition.] Theses of the XX Russian Congress „Innovative technologies in pediatrics and pediatric surgery” with international participation. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2021;66(4):349. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-congress-2021
3. Denisova NN, Keshabyants EE, Martinchik AN. Analysis of the diet and food structure of the daily diet of children aged 3–17 years in the Russian Federation. *Voprosy Pitaniya*. 2022;91(4):54–63. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-4-54-63
4. Drapkina OM, Dadaeva VA, Rozanov VB, et al. Dietary changes in males from adolescence to adulthood: Results of a 28-year prospective study. *Voprosy Pitaniya*. 2022;91(3):73–84. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-3-73-84
5. Ketova NA, Monastyreva DR, Khaiduk AA, Litvin AA, Drozdova TA, Drannikov MA. Modern school board diet. *Kollektsiya Gumanitarnykh Issledovaniy*. 2019;5(20):48–56. (In Russ.)
6. Kopylova OV, Ershova AI, Meshkov AN, Kontsevaya AV, Drapkina OM. Lifetime prevention of cardiovascular disease. Part III: Young, middle, elderly and senile age. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(7):211–223. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2021-2991
7. Namazova-Baranova LS, Kovtun OP, Anufrieva EV, Naboychenko ES. The value of behavioral determinants in the formation of overweight and obesity in adolescents. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(4-2):43–48. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192204243

8. Drapkina OM, Karamnova NS, Kontsevaya AV, et al. Russian Society for the Prevention of Noncommunicable Diseases (ROPNI). Alimentary-dependent risk factors for chronic non-communicable diseases and eating habits: Dietary correction within the framework of preventive counseling. Methodological Guidelines. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(5):273-334. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2021-2952
9. Pokida AN, Zybunovskaya NV. Food culture of the Russian population: Results of a sociological survey. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(2):13-22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-13-22
10. Borovkova MG, Nikolaeva LA. Nutritional analysis of school-age children. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2021;66(4):148-154. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-4-148-154
11. Bulatova EM, But'ko PV, Shabalov AM. Disturbance of food behavior as a predictor of obesity and metabolic syndrome: Is possible prevention? *Pediatr*. 2019;10(3):57-61. (In Russ.) doi: 10.17816/PED10357-61
12. Pogozheva AV, Smirnova EA. To the health of the nation through multi-level educational programs for the population in the field of optimal nutrition. *Voprosy Pitaniya*. 2020;89(4):262-272. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10060
13. Gorelova ZhYu. Hygienic assessment of contemporary nutrition of schoolchildren at home. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(8):31-36. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-31-36
14. Alexandrov AA, Poryadina GI, Kotova MB, Ivanova EI. The specificity of schoolchildren's eating habits in Moscow and Murmansk. *Voprosy Pitaniya*. 2014;83(4):67-74. (In Russ.)
15. Pyreva EA, Gmoshinskaya MV, Olyushina EA, et al. Nutritional features of modern schoolchildren of different age groups. *Farmateka*. 2020;27(9):74-80. (In Russ.) doi: 10.18565/pharmateka.2020.9.74-80
16. Tolebaeva AA, Polupanov AG, Sabirov IS, Mamatov AU, Dzhishambaev ED. Comparative analysis of the frequency and structure of malnutrition among children and adolescents living in urban and rural areas of the Kyrgyz Republic. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021;24(3):37-43. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20212403137
17. Podchinenova DV, Tarabrina AA, Ogorodova LM, Samoilova luG, Matveeva MV, Oleynik OA. Patterns of eating habits and body composition in primary school children. *Voprosy Pitaniya*. 2023;92(3):45-53. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2023-92-3-45-53
18. Alexandrov AA, Rozanov VB, Zvolinskaya EYu, Pugoeva KhS. Is cardiovascular risk factors prevention necessary from childhood? What do prospective studies show. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2016;15(2):79-82. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2016-2-79-82
19. Kopylova OV, Ershova AI, Meshkov AN, Kontsevaya AV, Drapkina OM. Life-long prevention of cardiovascular disease. Part II: Childhood and adolescence. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(6):107-116. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2021-2896
20. Solovyeva YuV, Gorelova JYu, Letuchaya TA, Mirskaya NB, Zaretskaya AR. Assessment of healthy eating awareness of schoolchildren in a digital environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(10):41-46. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46

Сведения об авторах:

☒ **Теплякова Надежда Васильевна** – магистрант направления подготовки «32.04.01 Общественное здравоохранение» ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; клинический (медицинский) психолог БУЗ ВО «Вологодский центр общественного здоровья и медицинской профилактики»; e-mail: ntepl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1991-030X>.

Варфоломеева Зоя Семеновна – декан факультета биологии и здоровья человека, к.п.н., профессор в области физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», заслуженный работник физической культуры Российской Федерации; e-mail: zsvarfolomeeva@chsu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1331-5963>.

Поварова Ольга Владимировна – магистрант направления подготовки «32.04.01 Общественное здравоохранение» ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: o.povaroff1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3926-5989>.

Черняева Евгения Алексеевна – магистрант направления подготовки «32.04.01 Общественное здравоохранение» ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: Genya3089@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4865-6609>.

Переверзева Юлия Олеговна – магистрант направления подготовки «32.04.01 Общественное здравоохранение» ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»; e-mail: lika01zima@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3344-7992>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Варфоломеева З.С., Теплякова Н.В., Поварова О.В.; сбор данных: Переверзева Ю.О.; анализ и интерпретация результатов: Варфоломеева З.С., Теплякова Н.В., Черняева Е.А.; литературный обзор: Варфоломеева З.С.; подготовка рукописи: Теплякова Н.В., Варфоломеева З.С. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: от родителей каждого из включенных в исследование участников было получено информированное добровольное согласие. Исследование соответствовало стандартам Хельсинкской декларации (протокол № 2 заседания комиссии по биоэтике ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет» от 02.05.2023).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 11.09.23 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 28.07.24

Author information:

☒ **Nadezhda V. Teplyakova**, student of the Master of Public Health Program, Cherepovets State University; clinical (medical) psychologist, Department of Public Health for Cherepovets, Center for Public Health and Preventive Medicine in the Vologda Region; e-mail: ntepl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1991-030X>.

Zoya S. Varfolomeeva, Cand. Sci. (Educ.), Honored Worker of Physical Culture of the Russian Federation; Dean of the Faculty of Biology and Human Health, Professor in PE and Sports, Cherepovets State University; e-mail: zsvarfolomeeva@chsu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1331-5963>.

Olga V. Povarova, student of the Master of Public Health Program, Cherepovets State University; e-mail: o.povaroff1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3926-5989>.

Eugenia A. Chernyaeva, student of the Master of Public Health Program, Cherepovets State University; e-mail: Genya3089@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4865-6609>.

Julia O. Pereverzeva, student of the Master of Public Health Program, Cherepovets State University; e-mail: lika01zima@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3344-7992>.

Author contributions: study conception and design: Varfolomeeva Z.S., Teplyakova N.V., Povarova O.V.; data collection: Pereverzeva J.O.; analysis and interpretation of results: Varfolomeeva Z.S., Teplyakova N.V., Chernyaeva E.A.; bibliography compilation and referencing: Varfolomeeva Z.S.; draft manuscript preparation: Teplyakova N.V., Varfolomeeva Z.S. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study complied with the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from parents of all study participants (Minutes No. 2 of the meeting of the Bioethics Commission of the Cherepovets State University dated 02.05.2023).

Funding: This research received no external funding.

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

Received: September 11, 2023 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 28, 2024



Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы)

С.В. Кузьмин, В.Н. Русаков, А.Г. Сетко, О.О. Сеницына

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

Резюме

Введение. Кадмий (Cd) повсеместно присутствует в рационе питания. Из-за хронического характера воздействия при поступлении с пищей в сочетании с длительным периодом полураспада в организме человека Cd может накапливаться в различных типах тканей, способствуя развитию онкозаболеваний, дисфункции почек, сердечно-сосудистых заболеваний, репродуктивной дисфункции, диабета, остеопороза и повышенной смертности.

Цель исследования: анализ литературных данных о токсиколого-гигиенических аспектах воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания.

Материал и методы. Осуществлен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed и Scopus. Поиск осуществлялся по ключевым словам «токсикокинетика кадмия», «оценка потребления кадмия», «кадмий в продуктах питания». Из 732 выявленных статей было отобрано 69 полнотекстовых публикаций, в которых были представлены результаты научных исследований метаболизма и механизмов токсичности кадмия, гигиенических оценок его содержания в продуктах питания и величин его поступления пищевым путем в организм у населения различных стран.

Результаты. Основными источниками пищевого поступления Cd в организм человека являются овощи, зерновые культуры, мясо, мясные субпродукты и морепродукты. Механизм токсического воздействия Cd связан с окислительным стрессом, вызванным ингибированием антиоксидантных ферментов и вмешательством в системы репарации ДНК. Относительно низкое хроническое воздействие кадмия при поступлении с пищевыми продуктами может создавать риск для здоровья человека и способствовать развитию различных патологических изменений в организме человека.

Заключение. Исследования механизма токсичности Cd способствуют разработке высокоэффективных стратегий профилактики его хронического воздействия. Результаты исследования могут являться основой для оценки риска воздействия кадмия при поступлении с продуктами питания на популяционном уровне и разработки значений МДУ содержания кадмия в пищевых продуктах.

Ключевые слова: кадмий, токсикокинетика кадмия, оценка потребления кадмия, кадмий в продуктах питания.

Для цитирования: Кузьмин С.В., Русаков В.Н., Сетко А.Г., Сеницына О.О. Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 49–57. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-49-57

Toxicological and Hygienic Aspects of the Dietary Cadmium Intake and Its Human Health Effects: A Literature Review

Sergey V. Kuzmin, Vladimir N. Rusakov, Andrey G. Setko, Oxana O. Sinitsyna

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

Summary

Introduction: Cadmium (Cd) is ubiquitous in the diet. Due to the chronic nature of its dietary intake, coupled with a long half-life in humans, Cd can accumulate in various tissues contributing to the development of cancer, kidney dysfunction, cardiovascular diseases, reproductive dysfunction, diabetes, osteoporosis, and increased mortality.

Objective: To analyze republished data on toxicological and hygienic aspects of human exposure to cadmium in foods and its health effects.

Material and methods: We have reviewed studies published in Russian and English and found on the eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed, and Scopus information portals using the following keywords: cadmium toxicokinetics, assessment of dietary cadmium intake, and cadmium in food. Of 732 search results, we selected 69 full-text publications presenting data on the metabolism and mechanisms of toxicity of cadmium, hygienic assessments of its content in foods, and the levels of its dietary intake in the population of various countries.

Results: The main dietary sources of cadmium include vegetables, grains, meat, meat by-products, and seafood. The mechanism of Cd toxicity is associated with oxidative stress caused by inhibition of antioxidant enzymes and interference with DNA repair systems. Relatively low chronic oral exposure to cadmium may pose risks to human health and induce a whole number of disorders.

Conclusion: Research into the mechanism of Cd toxicity facilitates the development of highly effective strategies to prevent chronic exposure. Our findings may serve as the basis for assessing risks of exposure to cadmium in food at the population level and establishing maximum residue levels for cadmium in food products.

Keywords: cadmium, cadmium toxicokinetics, assessment of cadmium intake, cadmium in food.

Cite as: Kuzmin SV, Rusakov VN, Setko AG, Sinitsyna OO. Toxicological and hygienic aspects of the dietary cadmium intake and its human health effects: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):49–57. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-49-57

Введение. Присутствие органических и неорганических загрязнений в окружающей среде приводит к ее ухудшению, что стало серьезной проблемой и угрожает глобальной экосистеме. Накопление в почве токсичных тяжелых металлов, таких как кадмий (Cd), свинец (Pb), мышьяк (As), никель (Ni), ртуть (Hg) и хром (Cr), создает серьезную опасность для жизни растений и здоровья человека.

Cd – элемент, занимающий 7-е место в списке 20 наиболее токсичных металлов и отнесенный к канцерогенам 1-й группы по классификации МАИР. Это один из самых опасных металлов из-за его высокой токсичности и серьезной степени биоаккумуляции [1, 2].

Кадмий (Cd) был открыт в 1817 году в Германии Фридрихом Штрөмейером как примесь карбоната цинка (ZnCO₃). Cd естественным образом присутствует в земной коре в средней концентрации от 0,1 до 0,2 части на миллион (ppm) [3]. Несмотря на тот факт, что данное вещество присутствует в естественном виде на нашей планете, в высших организмах не обнаружено никаких биологических функций, связанных с ним. Его токсичность хорошо известна и была предметом многочисленных исследований [1, 4].

Сырьем для получения металлического Cd служат полиметаллические руды и концентраты цветных металлов. Cd широко применяется в атомной промышленности для изготовления стержней реакторов. Входит в состав ряда сплавов, люминофоров, аккумуляторов, электродов и др.

Антропогенные источники Cd в окружающей среде возникают при плавке и очистке меди и никеля, сжигании ископаемого топлива и использовании фосфатных удобрений [5, 6].

Понимание всех возможных путей воздействия кадмия на человека важно учитывать при оценке риска чрезмерного воздействия. Поступление кадмия в организм происходит тремя возможными путями: ингаляционным, пероральным и дермальным.

Cd представляет угрозу для здоровья человека, в том числе из-за его свойства легко накапливаться в пищевой цепи. Из-за хронического характера воздействия при поступлении с пищей в сочетании с длительным периодом полураспада в организме человека Cd может накапливаться в различных типах тканей, способствуя развитию онкозаболеваний, дисфункции почек, сердечно-сосудистых заболеваний, репродуктивной дисфункции, диабета, остеопороза и повышенной смертности.

Пища является основным источником поступления Cd для некурящих. Cd повсеместно присутствует в рационе питания. В среднем в день с продуктами питания поступает 10–60 мкг Cd, с водой – 2–20 мкг, с вдыхаемым воздухом – 0,02–0,8 мкг [7].

Воздействие кадмия при курении сигарет может варьироваться в зависимости от их типа. Сигарета содержит 1–2 мкг Cd; человек, выкуривающий 20 сигарет в день, усваивает около 1 мкг Cd [3].

Цель исследования: анализ литературных данных о токсиколого-гигиенических аспектах воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания.

Материалы и методы. Проведен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed и Scopus за период 2000–2022 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам «токсикокинетика кадмия», «оценка потребления кадмия», «кадмий в продуктах питания». Из 732 первоначально найденных в наукометрических репозиториях статей было отобрано 69 полнотекстовых публикаций, в которых были представлены **результаты** научных исследований *содержания кадмия в продуктах питания, метаболизма кадмия при пероральном поступлении, механизмов токсического действия кадмия, оценки потребления кадмия с продуктами питания, а также использования микроэлементов, витаминов и некоторых микроорганизмов в качестве детоксицирующих средств, нейтрализующих токсическое действие кадмия (детоксиканты кадмия).*

Содержание кадмия в продуктах питания

Из-за характера постоянного влияния кадмия, содержащегося в пище, и его долгого периода полураспада в организме человека, данный металл может накапливаться в различных тканях, а такое накопление, в свою очередь, способствует развитию раковых заболеваний, функциональных нарушений почек, сердечно-сосудистых патологий, нарушений репродуктивной системы, сахарного диабета, остеопороза и повышенной смертности [3, 5–7].

При создании здорового рациона следует обязательно учитывать пищевые источники Cd, которые могут содержать избыточное количество данного вещества. Это поможет снизить риск возможного негативного воздействия кадмия на организм. Для достижения этой цели необходимо исключить или ограничить потребление продуктов, являющихся источниками Cd.

Cd, содержащийся в почве и воде, может поглощаться сельскохозяйственными культурами и водными организмами и накапливаться в пищевой цепи [8]. Подкисление почв, содержащих Cd, может увеличить концентрацию Cd в сельскохозяйственных культурах. Некоторые культуры, такие как рис, могут накапливать высокие концентрации Cd, если выращивать их на почве, загрязненной Cd. Внесение осадка сточных вод, навоза или некоторых коммерческих удобрений также может повысить уровень Cd в почве [9].

Высокие уровни Cd обнаруживаются в морских водорослях, в почках и печени млекопитающих, грибах, масличных семенах, а также в некоторых видах устриц, морских гребешков, мидий и ракообразных [3]. Более низкие концентрации Cd присутствуют в овощах и злаках. Однако, если принять во внимание частоту потребления, категориями продуктов питания, которые больше всего способствуют воздействию Cd в некоторых странах, являются именно зерновые и овощи [10].

На накопление Cd в сельскохозяйственной продукции, кроме величины его концентрации в почвах, огромное влияние оказывает видовая и сортовая физиолого-генетическая специфичность растений [8]. Например, при одинаковом уровне содержания

Cd в почве опытных участков содержание этого элемента в белокочанной капусте составляло 0,09, столовой свекле – 0,7 и укропе – 2,5 мг/кг сухого вещества. [8].

Количество Cd, поступающего ежедневно с пищей, в большинстве стран находится в диапазоне от 10 до 20 мкг/чел/день. Абсорбция при пероральном приеме варьируется примерно в пределах 5 %, но может увеличиваться до 15 % у пациентов с низкими запасами железа [10].

Метаболизм кадмия при пероральном поступлении

Независимо от пути воздействия Cd эффективно удерживается в организме и накапливается на протяжении всей жизни.

Как и многие тяжелые металлы, биоаккумуляция Cd у млекопитающих может по-разному влиять на определенные ткани, включая кости, печень и почки. Cd²⁺ опасен тем, что может замещать Zn²⁺ в структурах ферментов [7].

Поступая в кровь из желудочно-кишечного тракта, большая часть кадмия транспортируется в связанном виде с белками, такими как альбумин и металлотионеин.

Усвоение Cd происходит с использованием тех же транспортных систем, которые применяются для усвоения Ca, Fe, Zn и Mn.

К ним относятся транспортер 1 двухвалентного металла (DMT1), белок 14, родственник Zrt и Irt (ZIP14, член семейства транспортеров цинка), Ca²⁺ – селективный потенциал временного рецептора ваниллоидного канала 6 (TRPV6) и рецептор липокалина, связанного с желатиназой нейтрофилов человека (hNGAL) [11–13]. Cd, который связывается с пептидами, небольшими белками и фитохелатином, имеет возможность усваиваться посредством транцитоза.

Когда Cd попадает в организм через пищу, он транспортируется в печень через портальную систему. В этом органе происходит активация синтеза металлсвязывающего белка, известного как металлотионеин (MT). Масса молекулы этого белка составляет 7 килодальтон. MT содержит высокое молярное содержание цистеина, необходимого для связывания металлов, является одним из биомаркеров воздействия кадмия [14–16].

MT играют важную роль в защите от ионной токсичности некоторых тяжелых металлов, повреждения ДНК и окислительного стресса. Помимо Cd, MT способны связывать ионы других металлов, таких как ртуть, платина и др., чтобы защитить клетки и ткани от их токсичности. Благодаря наличию множества сульфгидрильных групп (–SH) MT способны при переносимых воздействиях образовывать комплексы почти со всеми поступившими в организм ионами Cd [3]. Поскольку Cd может проявлять токсичность в виде свободного иона, CdMT рассматривается как детоксифицированная форма.

После разрушения и гибели гепатоцитов соединения MT, содержащие в себе селективные комплексы с кадмием, выводятся из клеток путем их перемещения в кровоток через синусоиды печени. Часть этих соединений абсорбируется

в синусоидальную кровь, а затем проходит через кишечно-печеночный цикл [17].

В процессе этого цикла выделяются кадмий-глутатионовые конъюгаты в желчные пути. В результате ферментативного расщепления этих конъюгатов в тонком кишечнике образуются комплексы кадмия и цистеина [18].

В почечных клубочках происходит образование комплексов кадмия с различными белками, включая MT. Эти комплексы проходят клубочковую фильтрацию и могут быть захвачены рецепторами и транспортными системами в корковых и дистальных канальцах почек. Эти рецепторы и переносчики обычно участвуют в реабсорбции белков и питательных веществ. Среди них можно выделить следующие: ZIP8, ZIP10, ZIP14, DMT1, мегалин, кубилин, TRPV5 и переносчик цистеина. Однако механизмы интернализации кадмий-металлотионеиновых комплексов (CdMT) в почечных канальцах до сих пор остаются недостаточно изученными. Считается, что большая часть кадмия, фильтруемого почками, не интернализуется проксимальными канальцами, так как он связан с MT и остается в моче [19]. Однако некоторое количество CdMT может быть выведено с мочой в результате повторного попадания экзосом из клеток проксимальных канальцев в фильтрат. Это указывает на возможность рециркуляции CdMT в организме. Cd имеет длительный период полураспада в организме человека, что означает, что он может задерживаться в тканях и органах на протяжении продолжительного времени [20].

Переносчик двухвалентных металлов, DMT1, играет значимую роль, способствуя транспортировке свободных ионов Cd [21]. Однако следует отметить, что в пище и кишечной среде кадмий чаще всего связан с MT или фитохелатином. В энтероцитах обнаружено несколько потенциальных переносчиков кадмия, включая транспортер цинка ZIP14 и Ca²⁺–селективный канал. Необходимо отметить участие кальцийсвязывающего белка кальбиндина в цитоплазматическом транспорте Cd. Однако для полного понимания механизмов транспорта Cd к базолатеральной поверхности клетки, где он покидает энтероцит и вступает в кровоток, требуются дальнейшие исследования.

Скорость всасывания пищевого кадмия в организме зависит от уровней поступления этого металла и содержания важных металлов и элементов в организме. Наиболее важным метаболическим параметром поглощения Cd является возможный недостаток железа у человека. У людей с низким уровнем железа поглощение Cd выше, чем у людей со сбалансированным запасом железа. Это основная причина более высокой резорбции Cd у людей с анемией и привычным дефицитом железа, например у детей или женщин во время менструации [3, 22].

В проведенном исследовании с участием 448 здоровых норвежских женщин, не курящих и находящихся в возрастной группе от 20 до 55 лет (средний возраст 38 лет), было обнаружено, что у тех из них, у кого наблюдались низкие уровни железа в организме, содержание Cd в крови превышало уровни, отмеченные у женщин этой же возрастной группы

с нормальными уровнями железа. Содержание Cd в крови у женщин с низкими уровнями железа было в 1,42 раза выше и составляло 0,37 мкг/л [23]. Следует отметить, что у 26 % людей с дефицитом железа в крови наблюдались повышенные концентрации кадмия и марганца.

Результаты популяционного исследования, проведенного в Корее, показали, что женщины в возрасте от 19 до 49 лет, страдающие дефицитом железа, имели повышенный уровень Cd в крови (1,53 мкг/л) по сравнению с женщинами того же возраста, у которых содержание железа в крови было в пределах нормы. Более высокие уровни потребления цинка с пищей коррелировали с более низким содержанием Cd в организме, что оценивалось по уровням экскреции Cd с мочой [24].

Cd концентрируется в печени и еще больше в почках, которые могут содержать до 50 % общего содержания Cd в организме. Накопление Cd в печени и почках обусловлено способностью этих тканей синтезировать металлотионеин. Стимуляция металлотионеина цинком, вероятно, объясняет защитный эффект этого важного элемента в отношении токсичности Cd. Из-за своего небольшого размера металлотионеин быстро выводится из плазмы путем клубочковой фильтрации, прежде чем поглощаться клетками проксимальных канальцев. Этот путь клубочковой фильтрации лежит в основе избирательного накопления Cd в клетках проксимальных канальцев и, следовательно, в коре почки [25, 26].

Нормальный уровень Cd в моче не превышает 0,05 мг/л, а содержание его в цельной крови в норме с возрастом может повышаться и варьируется от 2 до 20 мкг/л.

Cd в основном выводится с мочой. Однако количество Cd, выводимое ежедневно с мочой, очень невелико и составляет от 0,005 до 0,01 % от общей нагрузки на организм. Такая низкая фракционная экскреция соответствует биологическому периоду полураспада более 20 лет. Следует отметить, что период полувыведения Cd сокращается до менее 10 лет у пациентов с канальцевой дисфункцией [27, 28].

Cd – металл, который всегда присутствует в организме человека и животных в минимальных количествах. Однако его роль в биологических процессах остается неясной. В условиях неблагоприятной внешней среды наибольшая концентрация Cd наблюдается в корковом веществе почек («критический орган») и печени, а также в некоторой степени в трубчатых костях, мышцах и других органах.

Механизмы токсического действия

Одно из ключевых действий, которые осуществляет кадмий в организме, является его способность вызывать окислительный стресс, что приводит к формированию свободных радикалов, агрессивно воздействующих на митохондрии и клеточные мембраны организма. Такое воздействие влияет на экспрессию ДНК и нарушает внутриклеточные транспортные механизмы, что сопровождается эпигенетическими изменениями. Поступление кадмия в организм может также оказывать отрицательное воздействие на синтез белка и обмен нуклеино-

вых кислот, что может снизить способность ДНК восстанавливаться. Необходимо отметить, что одним из самых серьезных последствий воздействия кадмия является его способность подавлять антиоксидантную систему защиты организма, что приводит к окислительному повреждению клеток. Так как процессы перекисного окисления липидов являются одной из главных причин повреждения мембран клеток, то действие кадмия на них становится непосредственным фактором в этом процессе.

Кроме того, кадмий может оказывать влияние на транспортные пути белков и жиров в организме. Особенно опасно воздействие кадмия на проксимальный сегмент S1 почечных канальцев, что может привести к нарушению функции почек, являющихся критическим органом, и другим проблемам с мочевыделительной системой, серьезным заболеваниям почек. Другие патологические механизмы включают конкурентное вмешательство в физиологическое действие Ca, Zn или Mg, ингибирование синтеза гема и нарушение функции митохондрий, потенциально вызывающее апоптоз [29–34].

Кроме того, Cd ингибирует синтез гема, что может привести к анемии. Нарушение функции митохондрий, вызванное кадмием, может привести к апоптозу – программированной клеточной смерти [34]. Это может иметь серьезные последствия для различных органов и тканей в организме. Кроме перечисленных эффектов, Cd также может вызывать истощение запасов глутатиона – важного антиоксиданта, а также структурные изменения белков в результате связывания с сульфгидрильными группами [35]. Это дополнительно ухудшает состояние клеток и тканей.

Важно отметить, что взаимодействие кадмия с другими токсичными металлами, такими как свинец (Pb) и мышьяк (As), может усилить его токсическое действие на организм. Однако некоторые факторы, такие как Zn или селен (Se), а также повышение уровня белка Nrf2, могут ослабить эффекты кадмия [36].

Механизм токсического действия Cd на организм человека представляет собой сложный процесс, обусловленный способностью этого металла взаимодействовать с различными ферментами внутри клеток. Cd – тяжелый металл, который может оказывать ингибирующее воздействие на различные ферменты в организме. Он блокирует функциональные группы ферментов, такие как сульфгидрильные, карбоксильные и аминные, что приводит к снижению их активности. При высоких концентрациях кадмия процесс ингибирования может стать необратимым, что приводит к серьезным нарушениям в работе ферментов, влияющих на различные биохимические процессы в организме. Химические свойства кадмия схожи с цинком, что позволяет ему замещать цинк в биохимических процессах. Это означает, что Cd может выступать в роли псевдоиндуктора или псевдоингибитора для ферментов, содержащих Zn. Такое взаимодействие может существенно нарушить нормальное функционирование этих ферментов и спровоцировать патологические изменения в организме [37–39].

Оценки потребления кадмия с продуктами питания

Продукты, которые в основном способствуют ежедневному поступлению Cd в западных странах, включают крупы и хлеб (34 %), листовые овощи, в частности шпинат, среди взрослых (20 %), картофель (11 %), бобовые и орехи (7 %), стебли/корнеплоды (6 %) и фрукты (5 %). На примере восточных стран в качестве основных источников Cd можно назвать рыбу и моллюсков, помимо зерновых и овощей, представленных, в частности, рисом [40].

Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA) отметило, что не продукты с самым высоким содержанием кадмия, а скорее продукты, которые чаще всего потребляются в больших количествах, оказывают наибольшее влияние на воздействие кадмия при его поступлении с пищей [41].

EFSA, используя систему описания и классификации пищевых продуктов FoodEx, определило, что воздействие кадмия на европейское население в основном происходит из зерна и продуктов его переработки (26,9 %), овощей и овощных продуктов (16,0 %), а также крахмалистых корнеплодов и клубнеплодов (13,2 %). Следующие категории продуктов питания больше всего способствовали воздействию кадмия в рационе во всех возрастных группах: картофель (13,2 %), хлеб и булочки (11,7 %), хлебобулочные изделия (5,1 %), шоколадные изделия (4,3 %), овощи (3,9 %) и моллюски (3,2 %) [40, 41].

По оценкам экспертов, еженедельное воздействие кадмия на организм европейцев через пищу составляет около 2 мкг на каждый килограмм массы тела (в среднем для всех возрастных групп). Это значение находится в пределах допустимого еженедельного потребления (TWI), установленного EFSA, равного 2,5 мкг на каждый килограмм массы тела в течение недели [41–43].

В США было проведено популяционное исследование с целью определения величин поступления и источников кадмия с пищей [44]. Среднее потребление кадмия с пищей среди населения в целом составляло 4,6 мкг/день, или 0,54 мкг/кг массы тела в неделю, то есть примерно 22 % TWI, которое считается равным 2,5 мкг/кг массы тела в неделю. Группами продуктов питания, которые внесли наибольший вклад в потребление кадмия в США, были крупы и хлеб (34 %), листовые овощи (20 %), картофель (11 %), бобовые и орехи (7 %), а также корнеплоды и овощи (6 %). Среди азиатского населения США курение было основным путем воздействия кадмия, за которым следовало воздействие с пищей [45, 46].

В Южной Корее, по оценкам Kim H. et al., среднесуточное поступление Cd с пищей среди населения составляет 20,8 мкг/день [47]. Так же как и в азиатских группах, из когорты США отмечается высокий уровень потребления риса (40,3 %) и морепродуктов. Показано, что крабы составляют 8,6 % совокупного потребления Cd южнокорейской популяцией.

Многие регионы КНР имеют схожие модели потребления продуктов питания с Южной Кореей,

и в них отмечаются аналогичные уровни воздействия кадмия [48, 49]. Изучение конкретных групп продуктов питания, вносящих вклад в потребление кадмия в рационе населения Китая, показало, что наиболее высока была доля риса (58,6 %), за ним следовали моллюски (13,2 %) и листовые овощи (9,2 %). Исследование показало, что среднее поступление кадмия с пищей среди населения Китая в целом составляло 15,3 мкг/кг массы тела в месяц. На табак приходилось 25 % общего воздействия кадмия [50].

На нашей планете существуют районы, где содержание Cd в почве достигает высоких уровней. Поглощение Cd сельскохозяйственными культурами в указанных районах может значительно повлиять на пищевой рацион людей. Особенно важно отметить проблематичные участки почвы в бассейнах реки Дзинзу и реки Какэхаши в Японии, которые сильно загрязнены Cd, полученным в результате промышленного производства. Возможные последствия этого загрязнения прямо связаны с сокращением продолжительности жизни населения и нарастающим числом заболеваний почек [51–55].

По оценкам EFSA и FDA, дети, особенно младенцы и малыши, имеют вдвое более высокое относительное потребление Cd по сравнению со взрослыми [56], поскольку токсичные элементы легче всасываются в кишечнике детей, в то время как его выведение почками у них ниже, чем у взрослых [57]. Кроме того, пищевые привычки и модели питания детей (частота потребления и количество потребляемого) часто менее разнообразны, чем у взрослых, что предполагает более высокий потенциал воздействия загрязнений пищевого происхождения [58]. Для детей в США (от 1 до 6 лет) расчетное среднее воздействие Cd колебалось от 0,38 до 0,44 мкг/кг массы тела в день при приеме зерновых и овощей, на которые приходится большая часть воздействия, согласно данным TDS за 2014–2016 годы [59].

На основании проведенного анализа ВОЗ среднее поступление Cd с пищей у детей в Австралии, Европе и США (от 0,5 до 12 лет) оценивалось в диапазоне от 2,7 до 12,9 мкг/кг массы тела в месяц [58, 59].

Детоксиканты кадмия

Профилактический подход к защите от хронического воздействия Cd включает использование микроэлементов в качестве детоксицирующих средств. Исследования показывают, что микроэлементы, такие как Zn и Se, могут использоваться в качестве профилактических мер против токсичности Cd [60–64]. Zn^{2+} обладает химическими свойствами, схожими с Cd^{2+} , и конкурирует с ним за места связывания в ферментах. Zn также способствует синтезу металлотионеина III (MT III), который имеет высокое сродство к Cd, способствуя его детоксикации.

Селен играет огромную роль в повышении уровня антиоксидантной защиты, укреплении иммунных функций и поддержании метаболического равновесия в организме. Кроме того, он также замедляет процесс старения, способствуя общему омолаживанию организма [61]. Селен помогает эффективно выводить из организма кадмий, что обеспечивает защиту различных органов, включая

мозг [62]. Он образует соединения с ионами Cd, которые затем выводятся через желчную систему. Это может привести к уменьшению количества селена для образования пероксидазы глутатиона (GSH), ведущего антиоксиданта, что в свою очередь может привести к накоплению активных форм кислорода и повреждению клеток. Добавки селена могут быть полезны для укрепления иммунитета и эффективного восстановления антиоксидантной защиты организма [61].

Селен также является кофактором для глутатионпероксидазы (GPx), антиоксидантного фермента, что способствует уменьшению окислительного воздействия Cd [63]. Таким образом, использование микроэлементов, таких как цинк и селен, может оказаться эффективным методом профилактики и защиты от токсичности Cd, способствуя улучшению общего состояния организма и защите клеток от повреждений.

Помимо этого, некоторые эксперименты, проведенные на животных, демонстрируют способность витаминов А, С и Е снижать токсическое воздействие кадмия на органы, такие как почки, печень, селезенка, кровь, кости и мозг. Но для того чтобы выяснить роль этих антиоксидантных витаминов в снижении токсичности, вызванной кадмием, требуются дальнейшие исследования на людях [64].

Существует еще одна стратегия профилактики, которая направлена на влияние на уровень адсорбции кадмия в желудочно-кишечном тракте. Согласно недавним исследованиям, некоторые штаммы молочнокислых бактерий могут связывать и удалять тяжелые металлы, такие как кадмий и свинец [65]. Один из самых изученных и эффективных пробиотиков в этой области – *Lactobacillus plantarum* CCFM8610, проявляет высокую способность связывать кадмий и защищать печень и почки мышей при острой интоксикации кадмием [66], обеспечивая блокирование кадмия на уровне кишечника, что приводит к снижению доступности ионов металла в тканях и уменьшению окислительного стресса.

В исследовании [67] штаммы *Pediococcus pentosaceus* FB145 и FB181 были выделены из ферментированных морепродуктов и представляли собой высокоустойчивые к Cd штаммы. По мнению авторов, связывание Cd с бактериальными клетками может быть вызвано наличием на поверхности клеток различных функциональных групп, таких как карбоксил, амид и фосфат, что было подтверждено спектрами полного отражения с преобразованием Фурье. Более того, эти штаммы снижали биодоступность Cd на 44,7–46,8 % в модели расщепления *in vitro*. Эти результаты показывают, что *P. pentosaceus* FB145 и FB181 являются новыми мощными биосорбентами для предотвращения токсичности кадмия и снижения его всасывания в организм человека.

Обсуждение. Анализ литературных данных позволил определить и охарактеризовать основные токсиколого-гигиенические аспекты воздействия Cd на организм человека при поступлении с продуктами питания. К ним следует отнести особенности метаболизма и механизма его токсичности, содержание в продуктах ежедневного рациона

питания, оценку поступления в организм с пищей на популяционном уровне.

Механизмы токсичности кадмия связаны с окислительным стрессом с ингибированием антиоксидантных ферментов, усилением перекисного окисления липидов и вмешательством в системы репарации ДНК.

Продукты, которые в основном способствуют ежедневному поступлению Cd в западных странах, включают крупы и хлеб, овощи, бобовые и орехи, стебли/корнеплоды, фрукты. В странах Юго-Восточной Азии в качестве основных источников Cd можно назвать рыбу и моллюсков, помимо зерновых и овощей, представленных, в частности, рисом.

Результаты проведенного исследования могут являться основой для оценки риска воздействия кадмия при поступлении с продуктами питания на популяционном уровне на этапе идентификации опасности и разработки значений МДУ содержания кадмия в пищевых продуктах.

Заключение. Среди загрязнений окружающей среды, представляющих наибольшую опасность для здоровья человека, кадмий занимает третье место по распространенности (после ртути и свинца). Из-за широкого распространения воздействие Cd на население в целом неизбежно, и прогнозы показывают, что оно будет увеличиваться в ближайшие десятилетия.

В результате эпидемиологических исследований появляется все больше данных о том, что относительно низкое и даже низкоуровневое хроническое воздействие этого ксенобиотика, имеющее место в настоящее время в промышленно развитых странах, может создавать риск для здоровья человека и способствовать развитию патологических изменений в организме человека со стороны почек, скелетной системы, сердечно-сосудистой системы и возникновению рака, а также связано со снижением продолжительности жизни.

Стратегии снижения токсичности Cd включают введение микроэлементов, например Zn и Se, в качестве детоксицирующих средств, терапевтические схемы с использованием витаминов-антиоксидантов (А, С, Е) и воздействие на уровне адсорбции в желудочно-кишечном тракте путем введения пробиотиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Sharma H, Rawal N, Mathew BB. The characteristics, toxicity and effects of cadmium. *Int J Nanotechnol.* 2015;3:1–9.
2. Zoroddu MA, Aaseth J, Crisponi G, Medici S, Peana M, Nurchi VM. The essential metals for humans: A brief overview. *J Inorg Biochem.* 2019;195:120–129. doi: 10.1016/j.jinorgbio.2019.03.013
3. Peana M, Pelucelli A, Chasapis CT, et al. Biological effects of human exposure to environmental cadmium. *Biomolecules.* 2022;13(1):36. doi: 10.3390/biom13010036
4. Кривошеев А.Б., Потеряева Е.Л., Кривошеев Б.Н., Куприянова Л.Я., Смирнова Е.Л. Токсическое действие кадмия на организм человека (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 6. С. 35–42. EDN OZLXND.
Krivosheev AB, Poteryaeva EL, Krivosheev BN, Kupriyanova LY, Smironova EL. Toxic effects of cadmium

- on the human body (literature review). *Medsina Truda i Promichlennaya Ekologiya*. 2012;(6):35-42. (In Russ.)
5. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The effects of cadmium toxicity. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782
 6. Maret W, Moulis JM. The bioinorganic chemistry of cadmium in the context of its toxicity. *Met Ions Life Sci*. 2013;11:1-29. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_1
 7. National Research Council (US) Subcommittee on Zinc Cadmium Sulfide. *Toxicologic Assessment of the Army's Zinc Cadmium Sulfide Dispersion Tests*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1997. doi: 10.17226/5739
 8. Плеханова В.А. Проблема нормирования содержания кадмия в почве // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2010. № 2(5). С. 55-59. EDN MUQHIL.
Plekhanova VA. [The problem of regulating cadmium in soil.] *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Energeticheskogo Universiteta*. 2010;(2(5)):55-59. (In Russ.)
 9. Kubier A, Wilkin RT, Pichler T. Cadmium in soils and groundwater: A review. *Appl Geochem*. 2019;108:1-16. doi: 10.1016/j.apgeochem.2019.104388
 10. Wang R, Sang P, Guo Y, et al. Cadmium in food: Source, distribution and removal. *Food Chem*. 2023;405(Pt A):134666. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.134666
 11. Fujishiro H, Hamao S, Tanaka R, Kambe T, Himeno S. Concentration-dependent roles of DMT1 and ZIP14 in cadmium absorption in Caco-2 cells. *J Toxicol Sci*. 2017;42(5):559-567. doi: 10.2131/jts.42.559
 12. Himeno S, Fujishiro H. [Roles of zinc transporters that control the essentiality and toxicity of manganese and cadmium]. *Yakugaku Zasshi*. 2021;141(5):695-703. (In Japanese.) doi: 10.1248/yakushi.20-00243-5
 13. Jorge-Nebert LF, Gálvez-Peralta M, Landero Figueroa J, et al. Comparing gene expression during cadmium uptake and distribution: Untreated versus oral Cd-treated wild-type and ZIP14 knockout mice. *Toxicol Sci*. 2015;143(1):26-35. doi: 10.1093/toxsci/kfu204
 14. Krežel A, Maret W. The functions of metamorphic metallothioneins in zinc and copper metabolism. *Int J Mol Sci*. 2017;18(6):1237. doi: 10.3390/ijms18061237
 15. Prozialeck WC, Edwards JR. Mechanisms of cadmium-induced proximal tubule injury: New insights with implications for biomonitoring and therapeutic interventions. *J Pharmacol Exp Ther*. 2012;343(1):2-12. doi: 10.1124/jpet.110.166769
 16. Prozialeck WC, Edwards JR. Early biomarkers of cadmium exposure and nephrotoxicity. *Biometals*. 2010;23(5):793-809. doi: 10.1007/s10534-010-9288-2
 17. Chasapis CT. Shared gene-network signatures between the human heavy metal proteome and neurological disorders and cancer types. *Metalomics*. 2018;10(11):1678-1686. doi: 10.1039/c8mt00271a
 18. Klassen RB, Crenshaw K, Kozyraki R, et al. Megalin mediates renal uptake of heavy metal metallothionein complexes. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2004;287(3):F393-F403. doi: 10.1152/ajprenal.00233.2003
 19. Suwazono Y, Kido T, Nakagawa H, et al. Biological half-life of cadmium in the urine of inhabitants after cessation of cadmium exposure. *Biomarkers*. 2009;14(2):77-81. doi: 10.1080/13547500902730698
 20. Fransson MN, Barregard L, Sallsten G, Akerstrom M, Johanson G. Physiologically-based toxicokinetic model for cadmium using Markov-chain Monte Carlo analysis of concentrations in blood, urine, and kidney cortex from living kidney donors. *Toxicol Sci*. 2014;141(2):365-376. doi: 10.1093/toxsci/kfu129
 21. Fujishiro H, Hamao S, Tanaka R, Kambe T, Himeno S. Concentration-dependent roles of DMT1 and ZIP14 in cadmium absorption in Caco-2 cells. *J Toxicol Sci*. 2017;42(5):559-567. doi: 10.2131/jts.42.559
 22. Nordberg M, Nordberg GF. Metallothionein and cadmium toxicology – Historical review and commentary. *Biometals*. 2022;12(3):360. doi: 10.3390/biom12030360
 23. Meltzer HM, Brantsaeter AL, Borch-Johnsen B, et al. Low iron stores are related to higher blood concentrations of manganese, cobalt and cadmium in non-smoking, Norwegian women in the HUNT 2 study. *Environ Res*. 2010;110(5):497-504. doi: 10.1016/j.envres.2010.03.006
 24. Ahn J, Kim NS, Lee BK, Oh I, Kim Y. Changes of atmospheric and blood concentrations of lead and cadmium in the general population of South Korea from 2008 to 2017. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(12):2096. doi: 10.3390/ijerph16122096
 25. Lin J, Zhang F, Lei Y. Dietary intake and urinary level of cadmium and breast cancer risk: A meta-analysis. *Cancer Epidemiol*. 2016;42:101-107. doi: 10.1016/j.canep.2016.04.002
 26. Godt J, Scheidig F, Grosse-Siestrup C, et al. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *J Occup Med Toxicol*. 2006;1:22. doi: 10.1186/1745-6673-1-22
 27. Смолянкин Д.А., Тимашева Г.В., Хуснутдинова Н.Ю. и др. Изучение изменений биохимического профиля почек лабораторных животных, индуцированных воздействием хлорида кадмия // Медицина труда и экология человека. 2021. №2 (26). С. 72-82. doi: 10.24412/2411-3794-2021-10206
Smolyankin DA, Timasheva GV, Khusnutdinova NYu, et al. The study on biochemical changes in cadmium chloride-induced laboratory animal kidneys. *Medsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2021;(2(26)):72-82. (In Russ.) doi: 10.24412/2411-3794-2021-10206
 28. Thévenod F. Catch me if you can! Novel aspects of cadmium transport in mammalian cells. *Biometals*. 2010;23(5):857-875. doi: 10.1007/s10534-010-9309-1
 29. Patra RC, Rautray AK, Swarup D. Oxidative stress in lead and cadmium toxicity and its amelioration. *Vet Med Int*. 2011;2011:457327. doi: 10.4061/2011/457327
 30. Cuypers A, Plusquin M, Remans T, et al. Cadmium stress: An oxidative challenge. *Biometals*. 2010;23(5):927-940. doi: 10.1007/s10534-010-9329-x
 31. Wang B, Li Y, Shao C, Tan Y, Cai L. Cadmium and its epigenetic effects. *Curr Med Chem*. 2012;19(16):2611-2620. doi: 10.2174/092986712800492913
 32. Martinez-Zamudio R, Ha HC. Environmental epigenetics in metal exposure. *Epigenetics*. 2011;6(7):820-827. doi: 10.4161/epi.6.7.16250
 33. Moulis JM. Cellular mechanisms of cadmium toxicity related to the homeostasis of essential metals. *Biometals*. 2010;23(5):877-896. doi: 10.1007/s10534-010-9336-y
 34. Cannino G, Ferruggia E, Luparello C, Rinaldi AM. Cadmium and mitochondria. *Mitochondrion*. 2009;9(6):377-384. doi: 10.1016/j.mito.2009.08.009
 35. Whittaker MH, Wang G, Chen XQ, et al. Exposure to Pb, Cd, and As mixtures potentiates the production of oxidative stress precursors: 30-day, 90-day, and 180-day drinking water studies in rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2011;254(2):154-166. doi: 10.1016/j.taap.2010.10.025
 36. Baldwin DR, Marshall WJ. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Ann Clin Biochem*. 1999;36(Pt 3):267-300. doi: 10.1177/000456329903600301
 37. Flora SJS, Mittal M, Mehta A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. *Indian J Med Res*. 2008;128(4):501-523.
 38. Зиятдинова М.М., Валова Я.В., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С., Каримов Д.Д., Кудояров Э.Р. Анализ экспрессии генов MT1 и ZIP1 в печени крыс при хроническом отравлении хлоридом кадмия // Гигиена

- и санитария. 2021. Т. 100. № 11. С. 1298–1302. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-11-1298-1302. EDN OKJXOI.
- Ziatdinova MM, Valova YaV, Mukhammadiyeva GF, Fazlieva AS, Karimov DD, Kudoyarov ER. Analysis of MT1 and ZIP1 gene expression in the liver of rats with chronic poisoning with cadmium chloride. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(11):1298–1302. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-11-1298-1302
39. Habashi F. Zinc, physical and chemical properties. In: Kretsinger RH, Uversky VN, Permyakov EA, eds. *Encyclopedia of Metalloproteins*. Springer, New York, NY; 2013. doi: 10.1007/978-1-4614-1533-6_179
 40. European Food Safety Authority. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA J*. 2012;10(1):2551. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2551
 41. Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *EFSA J*. 2009;980:1–139. doi: 10.2903/j.efsa.2009.980
 42. Report of the Scientific Committee of the Food Safety Authority of Ireland. *Metals of Toxicological Importance in the Irish Diet*. Food Safety Authority of Ireland; 2016. Accessed July 22, 2024. <https://www.lenus.ie/handle/10147/609836>
 43. EU maximum levels for cadmium in food for infants and young children sufficient - Exposure to lead should fundamentally be reduced to the achievable minimum. BfR Opinion No. 026/2018. doi: 10.17590/20181205-132313-0
 44. Kim K, Melough MM, Kim D, et al. Nutritional adequacy and diet quality are associated with standardized height-for-age among U.S. children. *Nutrients*. 2021;13(5):1689. doi: 10.3390/nu13051689
 45. Awata H, Linder S, Mitchell LE, Delclos GL. Association of dietary intake and biomarker levels of arsenic, cadmium, lead, and mercury among Asian populations in the United States: NHANES 2011–2012. *Environ Health Perspect*. 2017;125(3):314–323. doi: 10.1289/EHP28
 46. Kim H, Lee J, Woo HD, et al. Association between dietary cadmium intake and early gastric cancer risk in a Korean population: A case-control study. *Eur J Nutr*. 2019;58(8):3255–3266. doi: 10.1007/s00394-018-1868-x
 47. Ali Hussein M, Kamalakkannan A, Valinezhad K, et al. The dynamic face of cadmium-induced Carcinogenesis: Mechanisms, emerging trends, and future directions. *Curr Res Toxicol*. 2024;6:100166. doi: 10.1016/j.crtox.2024.100166
 48. Song Y, Wang Y, Mao W, et al. Dietary cadmium exposure assessment among the Chinese population. *PLoS One*. 2017;12(5):e0177978. doi: 10.1371/journal.pone.0177978
 49. Zhao FJ, Ma Y, Zhu YG, Tang Z, McGrath SP. Soil contamination in China: Current status and mitigation strategies. *Environ Sci Technol*. 2015;49(2):750–759. doi: 10.1021/es5047099
 50. Calafat AM. The U.S. National Health and Nutrition Examination Survey and human exposure to environmental chemicals. *Int J Hyg Environ Health*. 2012;215(2):99–101. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.08.014
 51. Satarug S. Dietary cadmium intake and its effects on kidneys. *Toxics*. 2018;6(1):15. doi: 10.3390/toxics6010015
 52. Watanabe T, Zhang ZW, Moon CS, et al. Cadmium exposure of women in general populations in Japan during 1991–1997 compared with 1977–1981. *Int Arch Occup Environ Health*. 2000;73(1):26–34. doi: 10.1007/pl00007934
 53. Nogawa K, Suwazono Y, Nishijo M, et al. Increase of lifetime cadmium intake dose-dependently increased all cause of mortality in female inhabitants of the cadmium-polluted Jinzu River basin, Toyama, Japan. *Environ Res*. 2018;164:379–384. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.019
 54. Nishijo M, Nogawa K, Suwazono Y, Kido T, Sakurai M, Nakagawa H. Lifetime cadmium exposure and mortality for renal diseases in residents of the cadmium-polluted Kakehashi River basin in Japan. *Toxics*. 2020;8(4):81. doi: 10.3390/toxics8040081
 55. Hayashi Y, Kobayashi E, Okubo Y, Suwazono Y, Kido T, Nogawa K. Excretion levels of urinary calcium and phosphorus among the inhabitants of Cd-polluted Kakehashi River basin of Japan. *Biol Trace Elem Res*. 2003;91(1):45–55. doi: 10.1385/BTER:91:1:45
 56. Vogt R, Bennett D, Cassady D, Frost J, Ritz B, Hertz-Picciotto I. Cancer and non-cancer health effects from food contaminant exposures for children and adults in California: A risk assessment. *Environ Health*. 2012;11:83. doi: 10.1186/1476-069X-11-83
 57. Spungen JH. Children's exposures to lead and cadmium: FDA total diet study 2014–16. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2019;36(6):893–903. doi: 10.1080/19440049.2019.1595170
 58. World Health Organization, Geneva. Safety evaluation of certain contaminants in food. Prepared by the Sixty-fourth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *FAO Food Nutr Pap*. 2006;82:1–778.
 59. Hidalgo J, Aschner M, Zatta P, Vasák M. Roles of the metallothionein family of proteins in the central nervous system. *Brain Res Bull*. 2001;55(2):133–145. doi: 10.1016/s0361-9230(01)00452-x
 60. Bjørklund G, Shanaida M, Lysiuk R, et al. Selenium: An antioxidant with a critical role in anti-aging. *Molecules*. 2022;27(19):6613. doi: 10.3390/molecules27196613
 61. Cardoso BR, Roberts BR, Bush AI, Hare DJ. Selenium, selenoproteins and neurodegenerative diseases. *Metallomics*. 2015;7(8):1213–1228. doi: 10.1039/c5mt00075k
 62. Liu MC, Xu Y, Chen YM, et al. The effect of sodium selenite on lead induced cognitive dysfunction. *Neurotoxicology*. 2013;36:82–88. doi: 10.1016/j.neuro.2013.03.008
 63. Bulat ZP, Djukić-Cosić D, Malicević Z, Bulat P, Matović V. Zinc or magnesium supplementation modulates cd intoxication in blood, kidney, spleen, and bone of rabbits. *Biol Trace Elem Res*. 2008;124(2):110–117. doi: 10.1007/s12011-008-8128-5
 64. Sitek A, Kozłowska L. The role of well-known antioxidant vitamins in the prevention of cadmium-induced toxicity. *Int J Occup Med Environ Health*. 2022;35(4):367–392. doi: 10.13075/ijomeh.1896.01912
 65. Forsyth CB, Farhadi A, Jakate SM, Tang Y, Shaikh M, Keshavarzian A. Lactobacillus GG treatment ameliorates alcohol-induced intestinal oxidative stress, gut leakiness, and liver injury in a rat model of alcoholic steatohepatitis. *Alcohol*. 2009;43(2):163–172. doi: 10.1016/j.alcohol.2008.12.009
 66. Zhai Q, Wang G, Zhao J, et al. Protective effects of Lactobacillus plantarum CCFM8610 against acute cadmium toxicity in mice. *Appl Environ Microbiol*. 2013;79(5):1508–1515. doi: 10.1128/AEM.03417-12
 67. Le B, Yang SH. Biosorption of cadmium by potential probiotic *Pediococcus pentosaceus* using in vitro digestion model. *Biotechnol Appl Biochem*. 2019;66(4):673–680. doi: 10.1002/bab.1783

Сведения об авторах:

Кузьмин Сергей Владимирович – д.м.н., профессор, директор; e-mail: Kuzmin.sv@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732>.

✉ **Русаков** Владимир Николаевич – к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела гигиены питания; e-mail: vladrus2005@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921>.

Сетко Андрей Геннадьевич – д.м.н., профессор, заведующий отделом гигиены питания; e-mail: Setko.ag@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776>.

Синицына Оксана Олеговна – д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе; e-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0241-0690>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Кузьмин С.В.*; сбор данных, литературный обзор: *Русаков В.Н., Сетко А.Г., Синицына О.О.*; подготовка рукописи: *Русаков В.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения этического комитета или других документов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 21.05.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликована: 31.07.24

Author information:

Sergey V. Kuzmin, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Director; e-mail: Kuzmin.sv@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732>.

✉ Vladimir N. Rusakov, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Food Hygiene; e-mail: vladrus2005@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921>.

Andrey G. Setko, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Department of Food Hygiene; e-mail: Setko.ag@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776>.

Oxana O. Sinitsyna, Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director for Science; e-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0241-0690>.

Author contributions: study conception and design: *Kuzmin S.V.*; data collection, literature review: *Rusakov V.N., Setko A.G., Sinitsyna O.O.*; draft manuscript preparation: *Rusakov V.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

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

Received: May 21, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024

**Санитарная охрана территории. Особенности динамики и интенсивности распространения ОРВИ в Ростовской области в период 2005–2022 гг.**С.С. Слись^{1,2}, А.К. Носков³, В.Д. Кругликов²¹ Управление Роспотребнадзора по Ростовской области,
ул. 18-я линия, д. 17, г. Ростов-на-Дону, 344019, Российская Федерация² ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора,
ул. М. Горького, д. 117/40, г. Ростов-на-Дону, 344002, Российская Федерация**Резюме**

Введение. Эпидемический процесс по острым респираторным вирусным инфекциям, включая грипп и новую коронавирусную инфекцию, характеризуется сезонностью, зависит от спектра циркулирующих вирусов и от социальных факторов на конкретной территории.

Цель исследования: выявление особенностей динамики и интенсивности проявлений эпидемического процесса по острым респираторным вирусным инфекциям, характерным для отдельных групп административных территорий Ростовской области.

Материалы и методы. Анализ показателей заболеваемости (внутригодовой, среднемноголетней месячной и помесечной по медианным показателям) проводили за 17-летний период (2005–2022 гг.). Использованы данные и сведения федерального статистического наблюдения форм № 1 и 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» о случаях заболевания острыми респираторными вирусными инфекциями и гриппом среди населения Ростовской области, экстренных извещений об инфекционном или паразитарном заболевании – форма № 058/у, а также отчетных материалов Управления Роспотребнадзора по Ростовской области (государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ростовской области») по показателям заболеваемости. Статистическую обработку материалов проводили с помощью программы Statistica 12. Использованы ретроспективный и клинико-эпидемиологический методы.

Результаты. Установлено, что детское население до 14 лет (51095,2 ‰ – эпидемический сезон 2019–2020 гг., 81902,9 ‰ – 2010–2011 гг.) является наиболее уязвимой категорией в отношении новых респираторных вирусов. Анализ этиологической структуры острых респираторных вирусных инфекций в Ростовской области показал, что с сентября по ноябрь 87,9 % случаев обусловлены вирусами не гриппозной этиологии. Развитие эпидемического процесса обусловлено социально-экономическими характеристиками разных групп административных территорий. По показателям заболеваемости административные территории Ростовской области разделены три группы: г. Ростов-на-Дону, Ростовская городская агломерация и Ростовская аграрная агломерация, в которую вошли 36 муниципальных районов. Особенности эпидемического процесса: завозы возбудителей в административный центр и городскую агломерацию ведут к быстрому распространению болезни среди урбанизированного населения; завозы на территорию аграрной агломерации болезнь проявляется в пределах локальных очагов.

Заключение. Выявленные особенности распространения инфекции на разных группах территорий могут быть использованы для прогнозирования и моделирования эпидситуации, в том числе в случаях появления новых вирусов.

Ключевые слова: ОРВИ, грипп, SARS-CoV-2, Ростовская область, Ростовская аграрная агломерация, Ростовская городская агломерация, заболеваемость, эпидемический процесс.

Для цитирования: Слись С.С., Носков А.К., Кругликов В.Д. Санитарная охрана территории. Особенности динамики и интенсивности распространения ОРВИ в Ростовской области в период 2005–2022 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 58–67. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-58-67

Sanitary Protection of the Territory: Specific Aspects of the Dynamics and Intensity of the Spread of Viral Respiratory Infections in the Rostov Region in 2005–2022Sergey S. Slis^{1,2}, Aleksey K. Noskov², Vladimir D. Kruglikov²¹ Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Rostov Region, 17, 18th Line Street, Rostov-on-Don, 344019, Russian Federation² Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute, 117/40 Maxim Gorky Street, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation**Summary**

Introduction: The epidemic process of acute viral respiratory infections, including influenza and the novel coronavirus disease, is characterized by seasonality and depends on the spectrum of circulating viruses and social factors in a particular area.

Objective: To identify characteristics of the dynamics and intensity of manifestations of the epidemic process of viral respiratory infections typical of certain groups of administrative territories of the Rostov Region.

Materials and methods: We analyzed annual and monthly (over the season and long-term) incidence rates for 17 years (2005–2022) based on federal statistical observation data (Forms 1 and 2, Information on infectious and parasitic diseases) about cases of acute viral respiratory infections and influenza among the population of the Rostov Region, infectious or parasitic disease notifications (Form 058/u), and reports of the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) in the Rostov Region (State Reports on the sanitary and epidemiological wellbeing of the population of the Rostov Region) on disease rates. Statistical data analysis was performed using Statistica 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Retrospective and clinical epidemiology methods were used.

Results: We established that children under 14 years of age were most vulnerable to novel respiratory viruses: in the 2010–2011 and 2019–2020 seasons, the incidence rates of viral respiratory infections in them were 81,902.9 ‰ and 51,095.2 ‰, respectively. The etiological analysis showed that in September to November, 87.9 % of all cases were induced by non-influenza respiratory viruses. The development of the epidemic process was determined by socio-economic characteristics of different groups of administrative territories. Based on incidence rates, the administrative territories of the Rostov Region were divided into three groups: the city of Rostov-on-Don, the Rostov urban agglomeration, and

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-58-67>
Original Research Article

the Rostov agricultural agglomeration, the latter consisting of 36 municipal districts. Importation of pathogens into the administrative center and urban agglomeration led to the rapid spread of diseases among the urban population, while in the agricultural agglomeration, they manifested themselves within local foci.

Conclusion: The established specifics of the spread of infections in different groups of territories can be used to predict and model the epidemiological situation, including in cases of emergence of new viruses.

Keywords: viral respiratory infections, influenza, SARS-CoV-2, Rostov Region, Rostov agricultural agglomeration, Rostov-on-Don agglomeration, incidence, epidemic process.

Cite as: Slis SS, Noskov AK, Kruglikov VD. Sanitary protection of the territory: Specific aspects of the dynamics and intensity of the spread of viral respiratory infections in the Rostov Region in 2005–2022. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):58–67. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-58-67

Введение. Острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ), в группу которых включены заболевания, обусловленные возбудителями гриппа, новой коронавирусной инфекции и негриппозной этиологии¹, характеризуются высоким уровнем инцидентности, превосходящим уровень других инфекционных патологий, рисками осложнений бактериально-ассоциированными респираторными болезнями и представляют актуальную проблему для общественного здравоохранения на административных территориях РФ [1]. В наибольшей степени сезонной заболеваемости подвержены дети, пожилые люди и лица с сопутствующими заболеваниями [2, 3]. Кроме того, данная группа инфекций наносит значительный экономический ущерб государственному бюджету в связи с высокой частотой случаев нетрудоспособности среди населения [4, 5].

Так, по данным Роспотребнадзора в 2022 г. экономический ущерб, причиняемый гриппом и ОРВИ, составил более 939,1 млрд рублей².

Исторические данные об эпидемиологической обстановке по ОРВИ в мире свидетельствуют о том, что самые катастрофические для человечества события были связаны с возникновением и пандемическим распространением новых геновариантов гриппа. Пандемия 1918 г., вызванная новым на тот период времени вирусом гриппа А (H1N1), в последующем названная «Испанкой», охватила 1/3 населения мира, с летальностью достигавшей десятки миллионов человек [6–10]. Очередные этапы развития пандемий, вызванных новыми геновариантами вируса гриппа, отличались по масштабам и тяжести течения болезни. Так, пандемии, зарегистрированные в 1957 (А(H2N2), «Азиатский»), 1968 (А(H3N2), «Гонконгский») и 2009 (А(H1N1)pdm09, «Свиной») годах^{3,4} [7, 10, 11], протекали менее интенсивно и вызывали с более благоприятное по отношению к «Испанскому» гриппу течение. Однако 2020 год отмечен началом новой пандемии (SARS-CoV-2), по масштабам и последствиям сопоставимой с пандемией 1918 г.

Ростовская область (РО) охватывает юг Восточно-Европейской равнины и частично в Предкавказье в бассейне Нижнего Дона. В силу своего географического расположения, широких транспортных связей, активных миграционных потоков на территории области сформировались устойчивые потенциальные риски эпидемического проявления опасных инфекционных болезней, подлежащих санитарной охране территории Российской Федерации (РФ).

Численность населения РО на 01.01.2022 составляла 4 153 763 человека, площадь – 100,9 тыс. км², плотность – 41,1 чел. на 1 км². Область представлена 12 городскими и 43 муниципальными образованиями⁵.

Город Ростов-на-Дону (РнД) – 1 134 694 чел., площадь – 348,5 км², плотность – 3255,9 чел. на 1 км² – столица Южного федерального округа и РО – имеет выход к трем морям и связывает Центральную часть страны с основными курортными зонами Юга и Кавказа. Уникальное расположение города-миллионера, до 2022 г. являвшегося центром приграничного региона, обуславливает особенности изменения миграционных потоков в зависимости от политической и экономической ситуации в странах бывшего СССР. В результате событий 2014 года и последующих за ними лет доминирующей особенностью является вынужденная миграция, в т. ч. маятниковая, из Донецкой, Луганской Народных Республик, Запорожской, Херсонской областей и Украины. В рамках санитарной охраны территории из года в год остаются актуальными вопросы завоза опасных инфекционных болезней и возможного последующего распространения среди жителей города-миллионера с населением, активно посещающим с туристическими и профессиональными целями страны дальнего зарубежья, а также иностранными гражданами. В период с 2005 по 2020 г. на РнД пришлось 58,4 % от всех зарегистрированных случаев завоза болезней подлежащих санитарной охране территории РФ, в т. ч. завозы пандемического гриппа (2009, 2018 гг.) и новой коронавирусной инфекции (2020 г.), в большинстве случаев с распространением инфекции среди восприимчивого населения, а также болезней с трансмиссивным

¹ Руководство по вирусологии: Вирусы и вирусные инфекции человека и животных / Под ред.: Львов Д.К. М.: ООО «Издательство Медицинское информационное агентство», 2013. 1200 с.

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2023. 368 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwnha29922vu7naki5/GD-SEB.pdf> (дата обращения: 06.06.2023 г.).

³ Руководство по вирусологии: Вирусы и вирусные инфекции человека и животных / Под ред.: Львов Д.К. М.: ООО «Издательство Медицинское информационное агентство», 2013. 1200 с.

⁴ Эволюция инфекционных болезней в России в XX веке. Покровский В.И., Онищенко Г.Г., Черкасский Б.Л. М.: Медицина, 2003. 664 с.

⁵ Статистический ежегодник «Ростовская область в цифрах». Статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. [Электронный ресурс.]. Режим доступа: [https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%95%D0%B6%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2021\(1\).pdf](https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%95%D0%B6%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2021(1).pdf) (дата обращения: 17.05.2023).

путем передачи возбудителя: малярии (2006, 2008, 2011–2015, 2018 и 2020 гг.), лихорадки денге (2015, 2019 гг.), лихорадки Западного Нила (2017 г.).

С притяжением к городу-миллионеру близлежащие высоко урбанизированные муниципальные образования с высокой плотностью проживания, быстрым приростом населения, миграционной привлекательностью, значительным трудовым потенциалом квалифицированных специалистов сформировали Ростовскую городскую агломерацию (РА), численность населения которой на 01.01.2022 составила 1 443 386 человек. Высоко развитая транспортная сеть, связывающая административные территории, входящие в состав агломерации с РнД, позволяет ее жителям ежедневно посещать центр области для осуществления профессиональной и экономической деятельности, получения высшего и среднего образования, с развлекательными, бытовыми и другими целями. Кроме того, жители РА, так же как и жители областного центра, имеют активные туристические, коммерческие и профессиональные контакты в других странах. В период с 2005 по 2020 г. в РА (25,1 % от всех в РО) зарегистрированы завозы пандемического гриппа (2009 г.) и новой коронавирусной инфекции (2020 г.) с распространением болезни, а также малярии (2005, 2011, 2015, 2018 и 2019 гг.), лихорадки денге (2019 г.).

Однако несмотря на то, что в областном центре функционирует множество крупных промышленных предприятий с численностью рабочего и инженерного персонала, достигающего 3000 и более человек, а также высших и средних учебных заведений, численность обучающихся в которых достигает 15 000 студентов, что обуславливает основной поток перемещения населения РА в рамках маятниковой миграции в областной город, незначительная часть жителей столицы региона осуществляет ежедневные поездки в населенные пункты РА.

Помимо промышленного потенциала, в основном сконцентрированного на территориях ядра региона (РнД) и РА, РО является одной из ведущих производителей сельскохозяйственной продукции. На сельхозугодья приходится 84,3 % территории РО⁶ [15]. Необходимо отметить, что население РО, занятое в сельском хозяйстве, по сравнению с населением областного центра и РА, ввиду особенностей условий жизни менее активно перемещается внутри области и выезжает за пределы страны, что в меньшей степени приводит к распространению ОРВИ.

Интенсивность миграционных потоков, обуславливающих высокую скученность населения на отдельных урбанизированных административных территориях, приводят к тому, что едва ли не каждый человек ежегодно переносит ОРВИ [12]. Необходимо отметить, что высокая мобильность населения и урбанизация формируют существенные отличия в динамике эпидемического процесса ОРВИ на разных административных территориях

всех субъектов РФ, в том числе в РО [12, 13]. Эти закономерности также были отмечены в наиболее активный период пандемии новой коронавирусной инфекции на территориях муниципальных образований РО [14].

В этой связи представляет интерес комплексное изучение особенностей интенсивности, динамики и распространения возбудителей острых респираторных инфекций вирусной этиологии, гриппа и COVID-19 на группах административных территорий РО.

Цель исследования – выявление особенностей динамики и интенсивности проявлений эпидемического процесса по острым респираторным вирусным инфекциями, характерным для отдельных групп административных территорий РО.

Материалы и методы. Анализ показателей заболеваемости ОРВИ в РО (внутригодовой, среднесезонной, месячной и полугодовой по медианам показателям) проводили за 17-летний период (2005–2022 гг.). Использованы данные и сведения федерального статистического наблюдения форм № 1 и 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» о случаях заболевания ОРВИ и гриппа среди населения РО, экстренных извещений об инфекционном или паразитарном заболевании – форма № 058/у, а также отчетных материалов Управления Роспотребнадзора по РО (государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ростовской области») по показателям заболеваемости. Применяли ретроспективный и клинико-эпидемиологический методы.

Кривая полугодовой заболеваемости с установлением верхней и нижней границ доверительного интервала строилась по медианным показателям, которые определялись на основе расчета среднесезонных месячных уровней заболеваемости ОРВИ и гриппом по РО за 15 эпидемических сезонов до начала пандемии SARS-CoV-2 (июль 2005 – июнь 2020 г.), и была использована как «стандарт» для ретроспективного изучения полугодовой динамики заболеваемости и в будущем для прогноза развития эпидемического процесса.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием прикладных программ Microsoft Office в операционной среде Windows 10 (электронные таблицы Excel), а также с помощью программы Statistics 12. Определение типовой полугодовой кривой заболеваемости по медианным показателям проводилось с установлением верхней и нижней границ доверительного интервала по таблице Ван-дер-Вардена с уровнем вероятности 0,95 (доверительность – 95 %).

Результаты. На основании проведенного анализа социально-экономической структуры области 36 муниципальных районов были объединены в единую Ростовскую аграрную агломерацию (РАА) (рис. 1) – 1 575 683 чел. на 01.01.2022 с низкими показателями урбанизации, плотности проживания, прироста и

⁶ Статистический ежегодник «Ростовская область в цифрах». Статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%95%D0%B6%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2021\(1\).pdf](https://61.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%95%D0%B6%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_2021(1).pdf) (дата обращения: 17.05.2023).

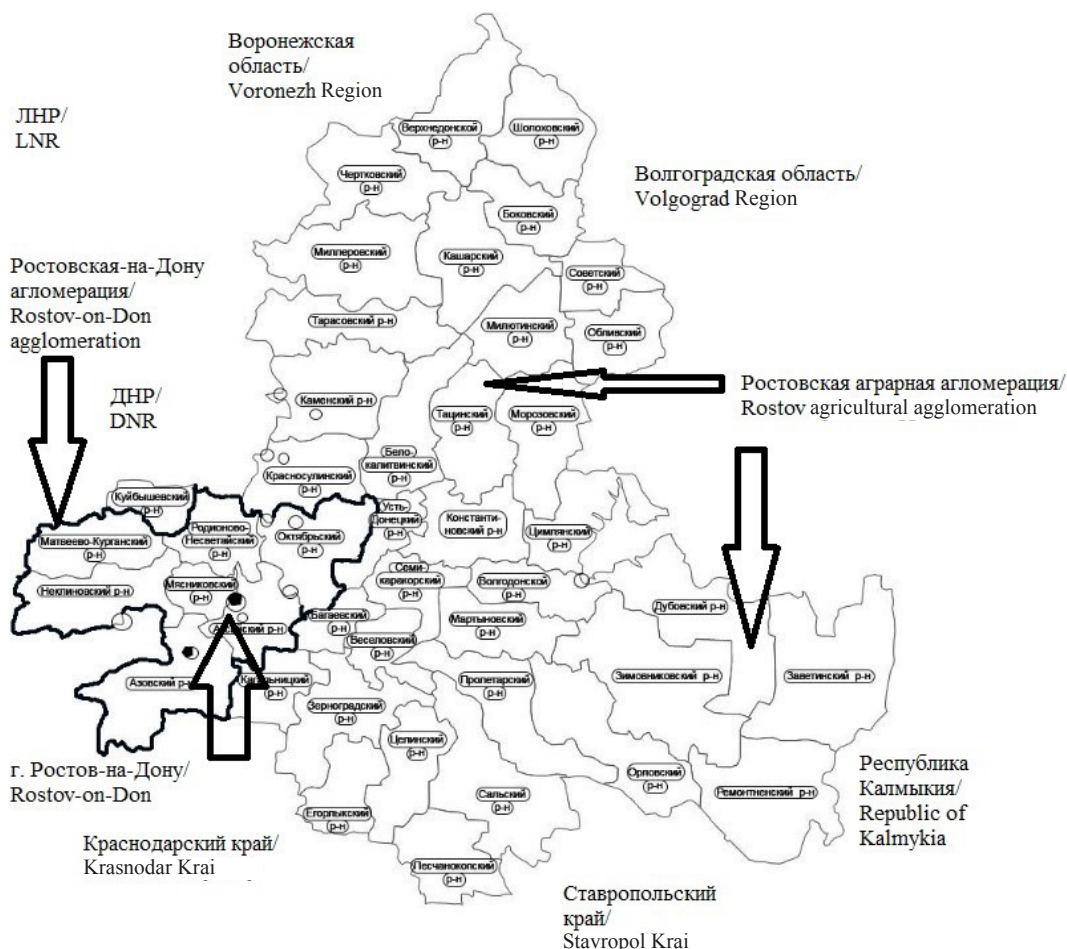


Рис. 1. Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, Ростовская городская агломерация и Ростовская аграрная агломерация

Fig. 1. The Rostov Region, Rostov-on-Don, Rostov-on-Don agglomeration, and the Rostov agricultural agglomeration

маятниковой миграции населения. В период с 2005 по 2020 г. в РАА (16,5 % от всех в РО) зарегистрированы завозы пандемического гриппа в 2009, 2017 гг. и новой коронавирусной инфекции (2020 г.) с распространением, а также малярии (2005, 2006, 2011, 2012 и 2018 гг.), лихорадки денге (2014 г.).

Далее были рассчитаны среднемесячные показатели заболеваемости ОРВИ и гриппом по отдельным группам административных территорий РО (РнД, РА, РАА) (табл. 1) за 15 эпидемических сезонов (июль 2005 – июнь 2020) (табл. 1 А), в сезоны: 2009–2010 гг. (табл. 1 Б), 2015–2016 гг. (табл. 1 В), 2020–2021 гг. (табл. 1 Г).

При анализе среднемесячных показателей заболеваемости ОРВИ и гриппом за 15 эпидемических сезонов (июль 2005 – июнь 2020 г.) для РнД, РА и РАА (табл. 1). Установлено, что в среднем максимальный для РО уровень заболеваемости ОРВИ и гриппом отмечается в РнД. Эпидемический процесс менее интенсивно выражен в населенных пунктах, входящих в РА, наименее интенсивно – в РАА.

Эпидемический процесс ОРВИ в РО, основанный на результатах многолетнего анализа (2005–2022 гг.), характеризуется регистрацией заболеваемости в течение всего года с периодом

подъема заболеваемости с июля по июнь. Увеличение интенсивности эпидемического процесса с учетом сроков инкубационного периода приходится на вторые-третьи декады сентября, снижение – на май. Анализ внутригодовой динамики заболеваемости ОРВИ, гриппом и новой коронавирусной инфекцией населения РО на основе рассчитанных среднемесячных показателей уровней заболеваемости позволил отметить, что на первый месяц года приходится снижение заболеваемости, которое, по нашему мнению, обусловлено длительными новогодними каникулами и разобщением детских и взрослых организованных коллективов. Динамика заболеваемости имеет двухволновый характер. Первая волна наблюдается с девятого по двенадцатый месяцы года, с пиковыми значениями, приходящимися на десятый и одиннадцатый месяцы («осенний пик»), вторая – со второй-третьей декады первого и пятого месяца года, с пиком в феврале-марте («весенний пик»). При этом «весенний пик», как правило, по интенсивности превосходит «осенний». Летом, во время отпусков и каникул, отмечаются низкие показатели инцидентности (рис. 2).

Кривая помесечной заболеваемости ОРВИ и гриппом в РО по медианным показателям за период с июля 2005 по июнь 2020 г. была использована

Таблица 1. Основные показатели эпидемического процесса ОРВИ по отдельным группам административных территорий Ростовской области**Table 1. The main indicators of the epidemic process of viral respiratory infections in certain groups of administrative territories of the Rostov Region**

1.1. Среднегодовой месячный уровень заболеваемости ОРВИ и гриппом в Ростовской аграрной агломерации, Ростовской городской агломерации и в г. Ростове-на-Дону за 15 эпидемических сезонов

1.1. Mean monthly incidence of upper respiratory tract infections and influenza in the Rostov agricultural agglomeration, Rostov-on-Don agglomeration, and the city of Rostov-on-Don over 15 epidemic seasons

Месяцы / Months	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
PAA / RAA	546,6	603,1	973,0	1241,0	1172,4	1175,5	1185,6	1637,0	1413,0	959,6	687,6	522,7
PA / RA	759,5	808,0	1178,8	1470,3	1498,0	1387,5	1428,4	1911,6	1745,5	1279,3	948,2	736,4
РнД / RnD	908,5	943,8	1244,4	1612,5	1703,8	1531,8	1927,9	2273,1	2074,1	1504,0	1065,8	876,6

1.2. Заболеваемость ОРВИ и гриппом в Ростовской аграрной агломерации, Ростовской городской агломерации и в г. Ростове-на-Дону в сезон 2009–2010 гг.

1.2. Monthly incidence of upper respiratory tract infections and influenza in the Rostov agricultural agglomeration, Rostov-on-Don agglomeration, and the city of Rostov-on-Don in the 2009–2010 season

Месяцы / Months	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
PAA / RAA	646,8	682,8	1051,3	1320,3	2241,5	2294,9	1062,0	1327,1	1119,7	987,3	758,8	575,7
PA / RA	848,8	897,4	1312,2	1587,5	3058,3	2531,3	1790,1	1709,1	1433,4	1211,7	957,0	778,8
РнД / RnD	1120,4	942,5	1178,2	1944,6	2621,1	2522,9	2868,9	2055,4	1882,2	2085,5	1321,0	1093,8

1.3. Заболеваемость ОРВИ и гриппом в Ростовской аграрной агломерации, Ростовской городской агломерации и в г. Ростове-на-Дону в сезон 2015–2016 гг.

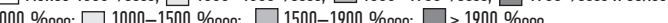
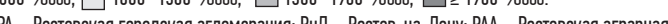
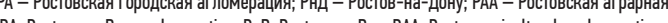
1.3. Monthly incidence of upper respiratory tract infections and influenza in the Rostov agricultural agglomeration, Rostov-on-Don agglomeration, and the city of Rostov-on-Don in the 2015–2016 season

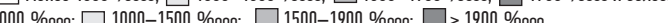
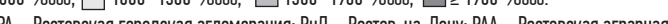
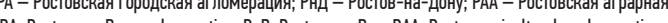
Месяцы / Months	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
PAA / RAA	580,6	617,3	939,3	1290,9	1125,8	1017,9	2296,1	1747,8	912,6	713,6	590,9	489,2
PA / RA	753,6	739,6	978,1	1506,0	1308,5	1259,5	2479,6	2212,1	1384,3	1046,7	860,8	759,2
РнД / RnD	713,6	995,9	1126,4	1825,3	1458,1	1550,9	3389,1	2089,8	1726,0	1029,1	1009,2	936,9

1.4. Заболеваемость ОРВИ и гриппом, SARS-CoV-2 в Ростовской аграрной агломерации, Ростовской городской агломерации и в г. Ростове-на-Дону в сезон 2020–2021 гг.

1.4. Monthly incidence of upper respiratory tract infections, influenza, and SARS-CoV-2 in the Rostov agricultural agglomeration, Rostov-on-Don agglomeration, and the city of Rostov-on-Don in the 2020–2021 season

Месяцы / Months	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
PAA / RAA	334,3	480,5	1074,9	1796,1	1259,0	1500,4	1748,7	1453,0	1456,3	1370,5	801,9	790,6
PA / RA	491,8	614,5	1117,9	2444,8	1531,3	1757,9	1939,8	1738,8	1533,5	1634,6	976,3	983,2
РнД / RnD	865,3	887,8	1284,4	2456,7	2017,1	1971,0	2914,8	2278,7	2208,0	1878,5	1859,1	1634,8

Примечание:  менее 1000 ‰;  1000–1500 ‰;  1500–1900 ‰;  1900 ‰ и более.

Notes:  < 1000 ‰;  1000–1500 ‰;  1500–1900 ‰;  ≥ 1900 ‰.

Сокращения: РА – Ростовская городская агломерация; РнД – Ростов-на-Дону; РАА – Ростовская аграрная агломерация.

Abbreviations: RA, Rostov-on-Don agglomeration; RnD, Rostov-on-Don; RAA, Rostov agricultural agglomeration.

нами как «стандарт» для ретроспективного изучения помесечной динамики заболеваемости и в будущем для прогноза развития эпидемического процесса (рис. 3).

Систематизация сведений о заболеваемости ОРВИ по возрастным группам населения за пятнадцатилетний период позволяет утверждать, что наиболее уязвимой категорией как при типичном течении эпидемического процесса, так и в периоды пандемического распространения новых респираторных вирусов является детское население до 14 лет (51 095,2 ‰ – эпидемический сезон 2019–2020 гг., 81 902,9 ‰ – 2010–2011 гг.).

Необходимо отметить, что в 2010–2011 гг. на территории РО отмечен рост заболеваемости ОРВИ и гриппом по отношению к предыдущему сезону 2009–2010 гг., в то время как в целом по стране отмечалось менее интенсивное течение эпидемического процесса [16]. В 2010–2011 гг. в РО наблюдалась вторая волна гриппа A(H1N1)pdm09, что, по нашему мнению, было обусловлено высокой выявляемостью больных на ранних стадиях заболевания, в т. ч. и из групп высокого риска.

Следует подчеркнуть, что в течение 2005–2020 гг. ежегодно среди заболевших ОРВИ и гриппом удельный вес детей до 14 лет превышал

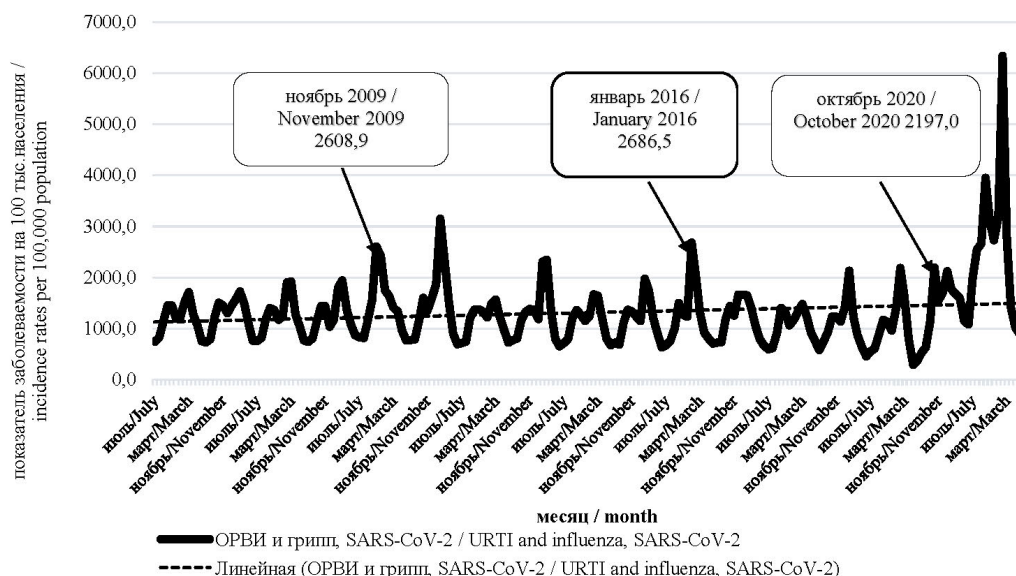


Рис. 2. Внутригодовая динамика заболеваемости ОРВИ, гриппом и новой коронавирусной инфекцией (с 2021 г. в сумму добавлена заболеваемость новой коронавирусной инфекцией) населения Ростовской области в эпидемические сезоны с июля 2005 по июнь 2022 г.

Fig. 2. Intra-annual dynamics of the incidence of upper respiratory tract infections, influenza, and COVID-19 (since 2021, the incidence of the novel coronavirus disease has been added to the total) in the population of the Rostov Region in the epidemic seasons, July 2005 to June 2022

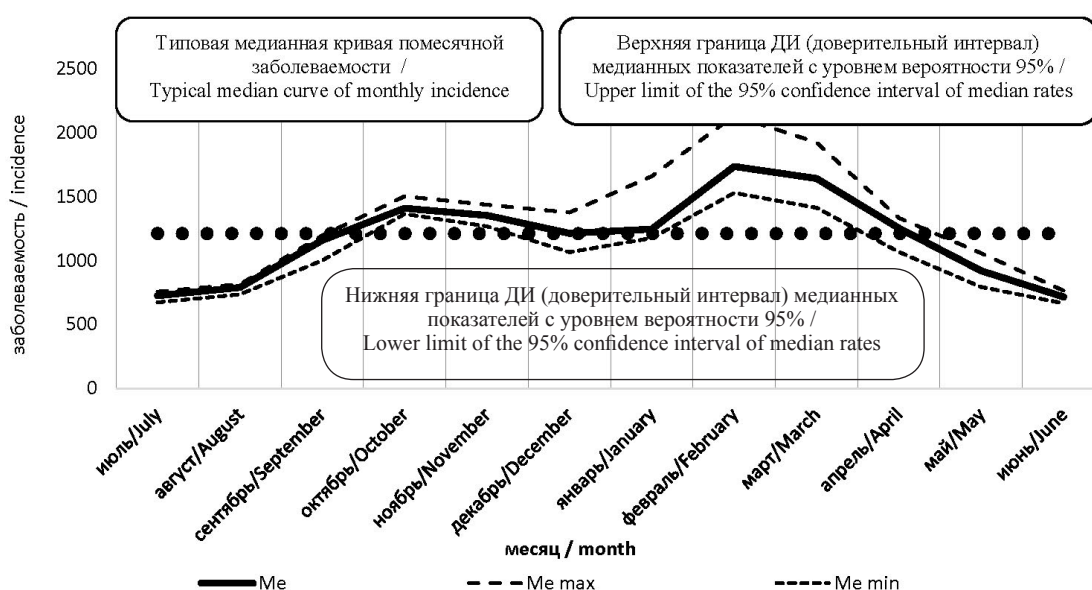


Рис. 3. Кривая помесечной заболеваемости ОРВИ и гриппом в Ростовской области за период с июля 2005 по июнь 2020 г. (Me – медиана, Me max и Me min – верхняя и нижняя границы медианы с достоверностью 95 %)

Fig. 3. The curve of monthly incidence of upper respiratory tract infections and influenza in the Rostov Region, July 2005 to June 2020

Примечания: Me – медиана, Me max и Me min – верхняя и нижняя границы медианы с достоверностью 95 %.

Notes: Me – median; Me max and Me min – upper and lower limits of the 95 % confidence interval of the median.

60 % и колебался от 60,9 (2005–2006 гг.) до 72,0 % (2017–2018 гг.). Однако особенностью эпидемического сезона 2021–2022 гг. в связи с приходом нового респираторного вируса SARS-CoV-2 являлось существенное изменение возрастной структуры, когда на долю детского населения пришлось лишь 42,0 % заболеваний.

Результаты изучения этиологической структуры респираторных вирусов во внутригодовой динамике свидетельствуют о том, что активность

различных возбудителей имеет свои сезонные особенности. Так, случаи заболевания людей ОРВИ не гриппозной этиологии регистрируются в течение всего эпидемического сезона и в разные годы имеют свои особенности. Этиологическая расшифровка ОРВИ, проводимая на базе Центра гигиены и эпидемиологии в Ростовской области методом ПЦР, свидетельствует, что начало первой («осенней») волны заболеваемости в основном обусловлено циркуляцией вирусов не гриппозной

этиологии (риновирусов, аденовирусов, вирусов парагриппа, РС-вирусов), которые также формируют заболеваемость в конце второй («весенней») волны. Вирусы гриппа обуславливают высокий уровень инцидентности во вторую волну эпидемического процесса – с конца декабря до апреля, а в остальные месяцы года регистрируются спорадические случаи гриппа, связанные с завозом из-за рубежа. Анализ этиологической структуры ОРВИ, основанный на результатах ПЦР-диагностики, свидетельствует, что с сентября по ноябрь в 87,9 % случаев ОРВИ обусловлены вирусами негриппозной этиологии, с декабря по февраль этот показатель составлял 52,9 %, с марта по май – 59,5 %.

В этой связи для изучения векторного распространения ОРВИ по административным территориям РО за рабочую гипотезу нами взят следующий алгоритм:

- в случае появления нового или генетически измененного респираторного вируса завоз в город-миллионер, как следствие начало эпидемического процесса и изменение его типичных характеристик;
- в случае отсутствия завоза нового или генетически измененного респираторного вируса рост заболеваемости ОРВИ в городе-миллионере с типичными характеристиками эпидемического процесса;
- накопление эпидемического потенциала, связанное с распространением заболевания среди различных социальных групп восприимчивого населения в городе-миллионере;
- распространение в другие административные территории области, в том числе связанные с маятниковой и сезонной миграциями;
- активизация эпидемического процесса среди высоко урбанизированного населения РА с типичными или нетипичными его характеристиками;
- активизация эпидемического процесса среди аграрного населения РАА с типичными или нетипичными его характеристиками;

- снижение активности эпидемического процесса среди аграрного населения РАА;
- снижение активности эпидемического процесса среди высоко урбанизированного населения РА;
- снижение активности эпидемического процесса среди жителей РнД.

Обсуждение. Особенностью эпидемического процесса в РО в сезон 2009–2010 гг. является выраженный осенний подъем и отсутствие весенний волны. Это, во-первых, обусловлено завозом в регион нового на тот период вируса гриппа А (H1N1) pdm09, во-вторых – высокой плотностью восприимчивого, не имеющего иммунитета к новому вирусу населения. Необходимо отметить, что в короткий промежуток времени пандемия охватила большую часть населения области. Более значительный, чем при типичном, сезонный подъем заболеваемости объясняется завозом нового геноварианта вируса в Ростов-на-Дону с последующим стремительным распространением в РА (примыкающие к Ростову-на-Дону административные территории) и последующим включением в эпидемический процесс жителей РАА. Первые два случая завоза пандемического гриппа школьниками из Испании и Англии в Ростов-на-Дону отмечены июле 2009 г. Далее в течение летнего периода неоднократно регистрировались завозы из других стран без распространения. Однако в осенний период завозы пандемического гриппа в Ростов-на-Дону из Китая, Турции и Египта, а также из других субъектов Российской Федерации (Москва, Санкт-Петербург, Краснодар, Волгоград, Новороссийск, Казань и др.) привели его к пандемическому распространению [17–19]. В эпидемическом процессе превалировала заболеваемость детского населения до 14 лет, из которой максимальный удельный вес в пиковый месяц детей от 7 до 14 составил 49,8 % (табл. 2).

Особенностью для РО, существенно повлиявшей на интенсивность заболеваемости ОРВИ и гриппом в эпидемический сезон 2015–2016 гг., явилось

Таблица 2. Основные характеристики эпидемических сезонов ОРВИ и гриппа в 2009–2010, 2015–2016 и 2020–2021 гг. по Ростовской области

Table 2. The main characteristics of the epidemic seasons of upper respiratory tract infections and influenza in 2009–2010, 2015–2016, and 2020–2021 in the Rostov Region

Показатели / Indicators	Сезон 2009–2010 (пандемия A(H1N1)pdm09) / 2009–2010 season (A(H1N1)pdm09 pandemic)	Сезон 2015–2016 / 2015–2016 season	Сезон 2020–2021 (пандемия SARS-CoV-2) / 2020–2021 season (SARS-CoV-2 pandemic)
Месяц максимальной заболеваемости в сезон / Month and year with the maximum registered seasonal incidence rate	Ноябрь 2009 / November 2009	Январь 2016 / January 2016	Октябрь 2020 / October 2020
Абсолютное число больных / Cases, n	111 076	11 3962	92 324
Удельный вес переболевших в месяц максимальной заболеваемости в % от всех заболевших в сезоне / Proportion of cases registered in the month of peak incidence of all cases registered in the season	15,1 %	18,0 %	14,4 %
Все население (показатель заболеваемости на 100 000 населения) / Total population (incidence per 100,000 population)	2608,9	2686,5	2197,0
Дети до 2 лет (показатель заболеваемости на 100 000 населения) / Children under 2 (incidence per 100,000 population)	11 737,4	11 803,6	5488,7
Дети от 3 до 6 лет (показатель заболеваемости на 100 000 населения) / Children aged 3 to 6 (incidence per 100,000 population)	12 729,4	13 620,6	625,2
Школьники 7–14 лет (показатель заболеваемости на 100 000 населения) / Schoolchildren aged 7–14 (incidence per 100,000 population)	10 876,5	8075,2	456,7

снижение охвата специфической профилактики гриппа и неспецифической профилактики ОРВИ на сопредельной территории и в Донбасском регионе, множественные завозы в РО и, как следствие, рост заболеваемости пандемическим гриппом на этих административных территориях. С такой ситуацией в первую очередь столкнулись населенные пункты, входящие в состав западных частей РАО и РА, в которых во внутригодовой динамике наблюдался нетипично высокий уровень заболеваемости ОРВИ и гриппом по сравнению со средними многолетними показателями. Данный сезон характеризовался двумя волнами заболеваемости с первым пиком в октябре 2015 г. (1503,1 ‰) и вторым – в январе 2016 г. (2686,5 ‰). Эпидемический процесс характеризовался высокими показателями заболеваемости детского населения до 14 лет (табл. 2) [20, 21].

В 2020 г. на территории РО наблюдалась аналогичная 2009 г. эпидемиологическая ситуация. В РНД был осуществлен завоз с последующим стремительным распространением нового вируса ОРВИ SARS-CoV-2 среди жителей города-миллионера с последующим включением в эпидемический процесс жителей РА и РАО [22–24], а также выраженным осенним подъемом с пиком в октябре 2020 г. (2197,0 ‰) и отсутствием весенней волны. Можно предположить, что в будущем приход нового респираторного вируса также будет характеризоваться одной волной в эпидемическом процессе. В возрастной структуре произошло изменение в сторону взрослого населения⁷.

Заключение. Таким образом, завоз и распространение новых вирусов ОРВИ (вирус гриппа A(H1N1)pdm2009 и вирус SARS-CoV-2) оказывает существенное влияние на изменение динамики и интенсивности эпидемического процесса на административных территориях Ростовской области в краткосрочном, среднесрочном и длительном периодах, что, несомненно, необходимо использовать для прогнозирования и моделирования ситуации в случаях появления новых вирусов за пределами Российской Федерации.

Проведенный анализ основных критериев эпидемического процесса ОРВИ, в том числе обусловленного завозом новых вирусов, позволил дифференцировать административные территории Ростовской области по показателям внутригодовой динамики и интенсивности заболеваемости. Социально-экономические характеристики кластеров территорий РО, сформировавшихся по результатам представленной дифференциации, существенно влияют на начало, развитие и течение эпидемического процесса как сезонных ОРВИ, так и в случаях появления новых пандемических возбудителей. Эти особенности эпидемического процесса в РО подтверждаются результатами эпидемиологического расследования случаев завоза ОРВИ, имеющих эпидемическое значение и обусловленных новыми или генетически измененными возбудителями. Проведенный анализ свидетельствует, что завозы

новых на тот период времени возбудителей ОРВИ в административный центр и в Ростовскую-на-Дону агломерацию в большинстве выявленных случаев являлись началом эпидемического процесса со стремительным распространением болезни среди высокоурбанизированного населения, проживающего в условиях высокой плотности. В то же время завозы тех же возбудителей ОРВИ жителями территорий, образующих Ростовскую аграрную агломерацию, приводили к распространению болезни в пределах локальных очагов с последующим прерыванием эпидемического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слись С.С., Ковалев Е.В., Кононенко А.А. и др. Особенности многолетней динамики заболеваемости населения Ростовской области острыми респираторными вирусными инфекциями и гриппом // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 63–70. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-63-70
2. Биличенко Т.Н., Чучалин А.Г. Заболеваемость и смертность населения России от острых респираторных вирусных инфекций, пневмонии и вакцинопрофилактика // Терапевтический архив. 2018. Т. 90. № 1. С. 22–26. doi: 10.26442/terarkh201890122-26
3. Кареткина Г.Н. Грипп, ОРВИ: проблемы профилактики и лечения. Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2015. № 4. С. 25–34.
4. Жигарловский Б.А. Временная нетрудоспособность при гриппе и ОРВИ в Российской Федерации и Москве // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2019. Т. 18. № 3. С. 4–12. doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-4-12
5. Семенов Т.А., Акимкин В.Г., Бурцева Е.И. и др. Особенности эпидемической ситуации по острым респираторным вирусным инфекциям с учетом пандемического распространения COVID-19 // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21. № 4. С. 4–15. doi:10.31631/2073-3046-2022-21-4-4-15
6. Trilla A, Trilla G, Daer C. The 1918 “Spanish flu” in Spain. *Clin Infect Dis*. 2008;47(5):668–673. doi: 10.1086/590567
7. Monto AS, Fukuda K. Lessons from influenza pandemics of the last 100 years. *Clin Infect Dis*. 2020;70(5):951–957. doi: 10.1093/cid/ciz803
8. Erkoreka A. Origins of the Spanish Influenza pandemic (1918–1920) and its relation to the First World War. *J Mol Genet Med*. 2009;3(2):190–194. doi: 10.4172/1747-0862.1000033
9. Морозова О.М., Трошина Т.И., Морозова Е.Н., Морозов А.Н. Пандемия испанки 1918 года в России. Вопросы сто лет спустя // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. Т. 98. № 1. С. 113–124. doi.org/10.36233/0372-9311-98
10. Брико Н.И. 100 лет пандемии «испанки». Эволюция вируса гриппа и развитие гриппозных вакцин // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2018. Т. 17. № 4. С. 68–97. doi:10.31631/2073-3046-2018-17-4-68-97
11. Цветков В.В., Деева Э.Г., Даниленко Д.М. и др. Молекулярно-генетические факторы патогенности вируса гриппа A(H1N1)pdm09 // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2014. Т. 19. № 4. С. 4–11.
12. Носков А.К., Вишняков В.А., Чеснокова М.В. и др. Миграция населения как фактор риска трансграничного завоза опасных инфекционных болезней в Сибирский и Дальневосточный федеральные округа //

⁷ COVID-19 в Ростовской области: монография. / Под ред. Главного государственного санитарного врача по Ростовской области Е.В. Ковалева. Ростов-на-Дону, 2023. 360 с.

- Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2015. Т. 14. № 6. С. 35–42. doi.org/10.31631/2073-3046-2015-14-6-35-42
13. Игнат'ева М.Е., Самойлова И.Ю., Будацыренова Л.В. и др. Особенности эпидемий гриппа 2015–2016, 2016–2017 и 2017–2018 годов в Республике Саха (Якутия) // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 5 (314). С. 28–33.
 14. Соболева Е.Г., Ковалев Е.В., Слись С.С. и др. Особенности распространения новой коронавирусной инфекции на территории муниципальных образований Ростовской области // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2022. Т. 99. № 4. С. 410–419. doi.org/10.36233/0372-9311-195
 15. Ермоленко О.Д., Ермоленко В.П. Сельское хозяйство Ростовской области в период аграрной реформы: современное состояние и перспективы развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. Т. 25. № 1. С. 244–255.
 16. Карпова Л.С., Бурцева Е.И., Поповцева Н.М., Столярова Т.П. Сравнение эпидемий гриппа в России 2009 и 2011 годов, вызванных пандемическим вирусом гриппа А(Н1N1) // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2011. Т. 5. № 60. С. 6–15.
 17. Карпова Л.С., Пелих М.Ю., Столяров К.А. и др. Пандемия гриппа в России как часть глобального распространения гриппа А(Н1N1)pdm09 в 2009–2011 годах // Вопросы вирусологии. 2012. Т. 6. С. 26–30.
 18. Карпова Л.С., Соминина А.А., Бурцева Е.И. и др. Сравнение эпидемий гриппа в России, вызванных пандемическим вирусом гриппа А(Н1N1)pdm09 в период с 2009 по 2013 г. // Вопросы вирусологии. 2015. Т. 60. № 3. С. 19–24.
 19. Слись С.С., Ковалев Е.В., Янович Е.Г. и др. Основные риски формирования чрезвычайной эпидемической ситуации, ассоциированной с новыми респираторными вирусами // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21. № 2. С. 74–82. doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-2-74-82
 20. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А. и др. О предварительных итогах эпидемического сезона 2015–2016 гг. по гриппу и острым респираторным вирусным инфекциям в Российской Федерации // Consilium Medicum. 2016. Т. 18. № 3. С. 8–11.
 21. Ковалев Е.В., Слись С.С., Ненадская С.А. и др. Опыт проведения организационно-профилактических мероприятий в Ростовской области в эпидсезон гриппа 2015–2016 годов. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2017. № 16 (2). С. 88–95 doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-2-88-95
 22. Яцышина С.Б., Мамошина М.В., Елькина М.А. и др. Распространенность возбудителей ОРВИ, гриппа и COVID-19 у лиц без симптомов респираторной инфекции // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2021. Т. 98. № 4. С. 383–396. doi.org/10.36233/0372-9311-152
 23. Ковалев Е.В., Слись С.С., Янович Е.Г. и др. Некоторые особенности эпидемического распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в Ростовской области // Медицинский вестник Юга России. 2020. Т. 11. № 4. С. 99–106. doi: 10.21886/2219-8075-2020-11-4-99-106
 24. Акимкин В.Г., Попова А.Ю., Плоскирева А.А. и др. COVID-19: эволюция пандемии в России. Сообщение I: проявления эпидемического процесса COVID-19 // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2022. Т. 99. № 3. С. 269–286. doi.org/10.36233/0372-9311-276

REFERENCES

1. Slis SS, Kovalev EV, Kononenko AA, et al. Features of long-term incidence rates of acute viral upper respiratory tract infections and influenza in the population of the Rostov Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):63-70. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-63-70
2. Bilichenko TN, Chuchalin AG. Morbidity and mortality of the Russian population from acute respiratory viral infections, pneumonia and vaccination. *Terapevticheskiy Archiv*. 2018;90(1):22-26. (In Russ.) doi: 10.26442/terarkh201890122-26
3. Karetkina GN. Influenza, acute respiratory viral infections: Problems of prevention and treatment. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie*. 2015;(4(13)):25-34. (In Russ.)
4. Zhigalovsky BA. Comparative characteristics of morbidity with temporary disability due to influenza and AURI in the Russian Federation and Moscow in recent years. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2019;18(3):4-12. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-3-4-12
5. Semenenko TA, Akimkin VG, Burtseva EI, et al. Characteristics of the epidemic situation associated with acute respiratory viral infections in the Russian Federation during the pandemic spread of COVID-19. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2022;21(4):4-15. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-4-4-15
6. Trilla A, Trilla G, Daer C. The 1918 "Spanish flu" in Spain. *Clin Infect Dis*. 2008;47(5):668-673. doi: 10.1086/590567
7. Monto AS, Fukuda K. Lessons from influenza pandemics of the last 100 years. *Clin Infect Dis*. 2020;70(5):951-957. doi: 10.1093/cid/ciz803
8. Erkoreka A. Origins of the Spanish Influenza pandemic (1918–1920) and its relation to the First World War. *J Mol Genet Med*. 2009;3(2):190-194. doi: 10.4172/1747-0862.1000033
9. Morozova OM, Troshina TI, Morozova EN, Morozov AN. The Spanish flu pandemic in 1918 in Russia. Questions a hundred years later. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2021;98(1):113-124. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-98
10. Brico NI. 100 years after the Spanish flu pandemic. The evolution of the influenza virus and the development of the flu vaccine. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2018;17(4):68-75. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-4-68-97
11. Tsvetkov VV, Deeva EG, Danilenko DM, Sologub TV, Tikhonov EP. Molecular genetic factors of pathogenicity of influenza A virus (H1N1)pdm09. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni*. 2014;19(4):4-11. (In Russ.)
12. Noskov AK, Vishnyakov VA, Chesnokova MV, Kosilko SA, Balakhonov SV. Population migration as a risk factor of transboundary importation of dangerous infectious diseases in the Siberian and Far Eastern Federal Districts. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2015;14(6):35-42. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-6-35-42
13. Ignat'eva ME, Samoilova IYu, Budatsyrenova LV, Korita TV, Trotsenko OE. Peculiarities of the influenza epidemics during 2015–2016, 2016–2017 and 2017–2018 seasons in the Republic of Sakha (Yakutia). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(5(314)):28-33. (In Russ.)
14. Soboлева EG, Kovalev EV, Slis' SS, et al. Features of the spread of a new coronavirus infection in the territory of municipalities of the Rostov Region. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2022;99(4):410-419. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-195
15. Ermolenko OD, Ermolenko VP. Agriculture of Rostov region during the agrarian reform: Current state and

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-58-67>
Original Research Article

- development prospects. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*. 2017;(1(25)):244–255. (In Russ.)
16. Karpova LS, Burtseva EI, Popovtseva NM, Stolyarova TP. Comparison of influenza epidemics in Russia 2009 and 2011, caused by pandemic influenza A(H1N1). *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2011;(5(60)):6–15. (In Russ.)
 17. Karpova LS, Pelih MYu, Stolyarov KA, Popovtseva NM, Stolyarova TP. An influenza pandemic in Russia as a part of a global spread of the influenza A(H1N1)pdm09 in 2009–2011. *Voprosy Virusologii*. 2012;(6):26–30. (In Russ.)
 18. Karpova LS, Sominina AA, Burtseva EI, et al. Comparison of the influenza epidemics in Russia caused by the pandemic virus A(H1N1)pdm09 within the period from 2009 to 2013. *Voprosy Virusologii*. 2015;60(3):19–24. (In Russ.)
 19. Slis SS, Kovalev EV, Yanovich EG, Kononenko AA, Noskov AK. The main risks of an epidemic emergency associated with new respiratory viruses. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2022;21(2):74–82. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-74-82
 20. Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Frolova NV, Mikheev VN, Ryzhikov AB. Preliminary results of the epidemic season 2015–2016. Influenza and SARS in the Russian Federation. *Consilium Medicum*. 2016;18(3):8–11. (In Russ.)
 21. Kovalev EV, Slis SS, Nenadskaya SA, et al. Experience of organizational-preventive measures in Rostov Region in the influenza epidemic season of 2015–2016. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2017;16(2):88–95. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2017-16-2-88-95
 22. Yatsyshina SB, Mamoshina MV, Elkina MA, et al. Prevalence of ARVI, influenza, and COVID-19 pathogens in individuals without symptoms of respiratory infection. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2021;98(4):383–396. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-152
 23. Kovalev EV, Slis SS, Yanovich EG, et al. Some features of the epidemic spread of the new coronavirus infection (COVID-19) in the Rostov region. *Meditinskiy Vestnik Yuga Rossii*. 2020;11(4):99–106. (In Russ.) doi: 10.21886/2219-8075-2020-11-4-99-106
 24. Akimkin VG, Popova AYU, Ploskireva AA, et al. COVID-19: The evolution of the pandemic in Russia. Report I: Manifestations of the COVID-19 epidemic process. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii*. 2022;99(3):269–286. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-276

Сведения об авторах:

✉ **Слис Сергей Сергеевич** – главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; врач-эпидемиолог ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: serzh.slis@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2649-8949>.

Носков Алексей Кимович – к.м.н., директор ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

Кругликов Владимир Дмитриевич – д.м.н., главный научный сотрудник отдела микробиологии холеры и других острых кишечных инфекций ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: kruglikov_vd@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, подготовка рукописи: *Слис С.С., Носков А.К., Кругликов В.Д.*; сбор, анализ, статистическая обработка данных: *Слис С.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения этического комитета или других документов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 28.02.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

✉ **Sergey S. Slis**, Chief Expert, Department of Epidemiological Surveillance, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Rostov Region; epidemiologist, Rostov-on-Don Anti-Plague Institute; e-mail: serzh.slis@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2649-8949>.

Aleksey K. Noskov, Cand. Sci. (Med.), Director, Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

Vladimir D. Kruglikov, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Department of Microbiology of Cholera and Other Acute Intestinal Infections, Rostov-on-Don Anti-Plague Research Institute; e-mail: kruglikov_vd@antiplague.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6540-2778>.

Author contributions: study conception and design, manuscript preparation: *Slis S.S., Noskov A.K., Kruglikov V.D.*; data collection and statistical analysis: *Slis S.S.* 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: February 28, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024

© Мельникова Е.Н., 2024

УДК 614.446.3; 57.032



Прогнозирование эпидемического процесса ВИЧ-инфекции инструментами ARIMA и Microsoft Excel

Е.Н. Мельникова

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет»,
ул. Одесская, д. 54, г. Тюмень, 625023, Российская Федерация

Резюме

Введение. Эпидемиологическая ситуация по ВИЧ-инфекции в Российской Федерации, в частности Тюменской области, остается весьма напряженной. Особое место в эпидемиологии ВИЧ-инфекции в силу неопределенности обстановки занимают моделирование и прогнозирование эволюции эпидемии.

Цель исследования: на основании ретроспективного анализа заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Тюменской области в период с 1993 по 2020 г. выполнить прогнозирование эпидемического процесса на период 2021–2025 гг. двумя различными инструментами (ARIMA и Microsoft Excel) и сравнить полученные данные с фактическими в 2021–2023 гг.

Материалы и методы. В работе использован комплекс эпидемиологических, статистических, математических методов исследований. Для прогнозного моделирования применены иерархические модели семейства ARIMA с включением 2 уровней иерархии: район, город. Для построения полиномиальной линии тренда использована программа Microsoft Excel. Период выполнения данного исследования: март – май 2021 года.

Результаты. На основании данных, полученных в модели ARIMA, составлена картограмма прогноза заболеваемости. Согласно фактическим данным, заболеваемость ВИЧ-инфекцией в 2021–2022 гг. в Тюменской области составила 67,9 и 71,4 на 100 тысяч населения соответственно. Прогнозируемое значение в 2021 году составило 52 на 100 тыс. населения (предиктивный интервал PI 80 % – 29–76 на 100 тыс. населения, PI 95 % – 16–89 на 100 тыс. населения). При построении полиномиальной линии тренда (коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,7497$) в регионе спрогнозирован рост заболеваемости ВИЧ.

Заключение. При сравнении двух методик прогнозирования данные, полученные в прогнозировании с использованием модели ARIMA, в большей степени соответствуют фактическим. При сравнении двух методик преимуществом в прогнозировании обладает модель ARIMA.

Ключевые слова: ВИЧ, прогнозирование, ARIMA, картограмма прогнозов заболеваемости, городское и сельское население.

Для цитирования: Мельникова Е.Н. Прогнозирование эпидемического процесса ВИЧ-инфекции инструментами ARIMA и Microsoft Excel // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 68–75. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-68-75

Forecasting the Epidemic Process of HIV Infection using ARIMA and Microsoft Excel Tools

Elena N. Melnikova

Tyumen State Medical University, 54 Odesskaya Street, Tyumen, 625023, Russian Federation

Summary

Relevance: The epidemiological situation on HIV infection in the Russian Federation, in particular in the Tyumen Region, remains very tense. Due to the uncertainty of the situation, modeling and forecasting the evolution of the epidemic occupy a special place in the epidemiology of the disease.

Objective: To forecast the epidemic process for the years 2021 to 2025 based on the results of a retrospective analysis of HIV incidence in the Tyumen Region in 1993–2020 using two different tools (ARIMA and Microsoft Excel) and to compare predictions with the rates actually observed in 2021–2023.

Materials and methods: The study was conducted in March to May 2021 by applying a complex of epidemiological, statistical, and mathematical research methods. For predictive modeling, hierarchical models of the ARIMA family were used with the inclusion of two levels of hierarchy (district and city). Microsoft Excel was used to construct a polynomial trend line.

Results: Based on the output of the ARIMA model, the incidence forecast cartogram was created. According to statistics for the Tyumen Region, HIV incidence rates in the years 2021 and 2022 were 67.9 and 71.4 per 100,000 population, respectively. The predicted rate in 2021 was 52 per 100,000 population (80 % prediction interval (PI): 29 to 76 per 100,000; 95 % PI: 16 to 89 per 100,000 population). When constructing a polynomial trend line (approximation coefficient $R^2 = 0.7497$), an increase in HIV incidence was predicted in the region.

Conclusions: The comparison of two predictive methods shows that ARIMA results are more consistent with actual data, which means that the ARIMA model has an advantage in forecasting.

Keywords: HIV, forecasting, ARIMA, incidence forecast cartogram, urban and rural population.

Cite as: Melnikova EN. Forecasting the epidemic process of HIV infection using ARIMA and Microsoft Excel tools. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):68–75. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-68-75

Введение. Современная ситуация по ВИЧ-инфекции в Российской Федерации (РФ) является весьма напряженной: переход эпидемии ВИЧ-инфекции в генерализованную стадию с 2016 года подтвержден в 20 субъектах [1].

Уральский федеральный округ (УрФО) является одним из самых неблагоприятных регионов по ВИЧ-инфекции среди всех федеральных округов РФ¹. Начиная с первого десятилетия XXI века на территории УрФО наблюдается сложная эпидемиологическая ситуация по ВИЧ-инфекции. В 1999–2001 гг. в РФ показатель заболеваемости увеличился в 4,3 раза (с 13,8 до 59,9 на 100 тыс. населения), в УрФО – в 10,4 раза (с 16,2 до 168,4 на 100 тыс. населения)². В период с 2009 по 2018 г. на территории всех субъектов, входящих в УрФО, «распространенность ВИЧ-инфекции составляла 1434,2 ‰ и в 2,2 раза превышала общероссийские показатели (714,3 ‰)» [2].

Заболеваемость ВИЧ в УрФО имела самый высокий уровень среди всех федеральных округов РФ до конца 2016 года, а Тюменская область (ТО), входящая в УрФО, на протяжении 12 лет (2006–2017 гг.) находилась в группе из восьми регионов РФ с самым высоким уровнем заболеваемости³. По итогам 2021 года в ТО фиксируется генерализованная стадия ВИЧ-инфекции (пораженность ВИЧ беременных составила 2,4 %) [3]. Одной из причин, обуславливающих высокие показатели заболеваемости и пораженности ВИЧ-инфекцией в ТО, является географическое положение, определяющее ее как транзитный регион для доставки наркотиков из западной и восточной части страны на север региона в автономные округа, что привело к формированию одного из крупнейших путей наркотрафика [4, 5]. Увеличение числа потребителей инъекционных наркотиков способствовало росту случаев ВИЧ-инфекции в области. По территории области проходят участки Транссибирской магистрали, а также железной дороги, соединяющей Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа с другими регионами страны.

Особое место в эпидемиологии ВИЧ-инфекции в силу неопределенности обстановки занимают моделирование и прогнозирование эволюции эпидемии [6]. Математическое моделирование способствует более точному изучению определенных процессов [7]. Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции в РФ на период до 2030⁴ (далее – Государственная стратегия) также

определяет одну из основных целей научных исследований и разработок в области ВИЧ-инфекции и выделяет «научное обоснованное прогнозирование развития эпидемического процесса».

Цель исследования: на основании ретроспективного анализа заболеваемости ВИЧ-инфекцией в период с 1993 по 2020 г. в Тюменской области выполнить прогнозирование эпидемического процесса на период 2021–2025 гг. двумя различными инструментами (ARIMA и Microsoft Excel) и сравнить полученные данные с фактическими в 2021–2023 гг.

Материалы и методы. Для прогнозирования были использованы показатели заболеваемости ВИЧ-инфекцией в ТО в период с 1993 по 2020 г. Период выполнения прогнозного моделирования: март – май 2021 года. Источником информации послужили официальные статистические данные государственного бюджетного учреждения здравоохранения Тюменской области «Центр профилактики и борьбы со СПИД», доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тюменской области»; форма федерального статистического наблюдения № 61 «Сведения о контингентах больных ВИЧ-инфекцией» по Тюменской области. Статистические данные Федерального научно-методического центра по профилактике и борьбе со СПИДом⁵, информационные бюллетени «ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа»^{6,7} являлись материалами для анализа заболеваемости ВИЧ в РФ и УрФО. Для сравнения динамики заболеваемости проведен расчет темпов роста и прироста.

Для прогнозного моделирования использовались иерархические модели семейства ARIMA из-за своей гибкости, возможности описания множества характеристик временных рядов [8]. При построении оптимальной модели ARIMA учитывались минимальные байесовские информационные критерии (BIC) и стабильный коэффициент множественной корреляции, статистически значимые оценки параметров и остатки как белый шум. Для определения параметров моделей ARIMA (p, d, q), необходимых для получения минимального значения информационного критерия Акаике (AIC), использовался алгоритм Хиндмана и Хандакара (Hyndman Khandakar). Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для статистических вычислений R 4.1.0 (R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия) с использованием дополнительных пакетов sf 1.0–2. С целью получения

¹ Питерский М.В., Алимов А.В., Захарова Ю.А. и др. ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа: информационный бюллетень за 2018 г. Екатеринбург, 2019. 37 с.

² Алимов А.В., Новоселов А.В., Устюжанин А.В. ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа: информационный бюллетень за 2017 г. Екатеринбург, 2018. 60 с.

³ Питерский М.В., Алимов А.В., Захарова Ю.А. и др. ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа: информационный бюллетень за 2018 г. Екатеринбург, 2019. 37 с.

⁴ Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации на период до 2030 г.: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 21.12.2020 г. № 3468-р. [Интернет]. 2020. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012250074> (дата обращения: 06 июля 2021 г.).

⁵ Федеральный научно-методический центр по профилактике и борьбе со СПИДом ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора: ВИЧ-инфекция в Российской Федерации. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://www.hivrussia.info/dannye-po-vich-infektsii-v-rossii/> (дата обращения: 08.05.2023).

⁶ ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа: Информационный бюллетень за 2018 г. / М.В. Питерский, А.В. Алимов, Ю.А. Захарова, Е.В. Леленкова, Е.В. Болгарова, Ю.Ю. Бурцева, Л.Г. Вяткина. Екатеринбург, 2019.

⁷ ВИЧ-инфекция на территории Уральского федерального округа: информационный бюллетень за 2020 год / М.В. Питерский, О.Я. Яранцева, Ю.А. Захарова, А.В. Семенов. Екатеринбург, 2021.

наиболее достоверных значений прогнозирования были использованы 2 уровня иерархий: показатели заболеваемости ВИЧ в городах региона и районах. По результату использования модели ARIMA была получена картограмма прогнозов заболеваемости по каждой из 22 административно-территориальных образований Тюменской области, показатели заболеваемости по городским и сельским территориям. Для построения полиномиальной линии тренда была использована программа Microsoft Excel и получен прогноз заболеваемости ВИЧ-инфекцией до 2025 года.

Результаты. С целью понимания тенденции эпидемического процесса (ЭП) проведен ретроспективный анализ заболеваемости ВИЧ-инфекцией в ТО в период с 1993 по 2020 г. По результату проведенного анализа выделено 5 периодов ЭП: период с 1993 по 1997 г. – умеренный рост новых эпизодов инфицирования. Затем наблюдаются два периода эпидемиологического подъема заболеваемости (с 1998 по 2000 г. и с 2006 по 2016 г.) и два периода эпидемиологического спада заболеваемости (с 2001 по 2005 г. и с 2017 по 2020 г.).

Многолетняя динамика заболеваемости ВИЧ-инфекцией в РФ, УрФО и ТО представлена на рис. 1.

Примечательно, что динамика ЭП ВИЧ в РФ, УрФО и ТО имеет определенные различия: в 2000 г. в ТО фиксируется предельный показатель заболеваемости, составляющий 154,1 на 100 тыс. населения (в УрФО максимальный показатель заболеваемости ВИЧ-инфекцией регистрируется на год позже – в 2001 г. и составляет 168,4 на 100 тыс. населения, превышая максимальные показатели заболеваемости ВИЧ-инфекцией по РФ и ТО за весь период регистрации). В период эпидемиологического подъема заболеваемости ВИЧ в ТО (с 1998 по

2000 г.) темп прироста значительно превышает общероссийские, составив в 1999–2000 гг. +5854,2 и +169,8 (в РФ – +900,0 и +151,4). Темп роста в 1999 году в РФ составил +492,9, в ТО +5951,0, в 2000 году, напротив, в ТО темп роста фиксируется ниже, чем в РФ (в ТО +269,7, в РФ +282,6). Последний год второго периода ЭП (2000 г.) характеризуется максимальным абсолютным приростом заболеваемости +97,0 на 100 тыс. населения (в РФ +20,9). Картина заболеваемости ВИЧ меняется, и в 2001 году показатель заболеваемости ВИЧ-инфекцией составил 145,6 на 100 тыс. населения, что в 2,4 раза выше общероссийского, но был ниже показателя заболеваемости в УрФО в 1,2 раза. Темп прироста в РФ составил –64,1, в УрФО +71,3, в ТО –5,5. Темп роста в 2001 году на территории РФ, УрФО и ТО составил от +94,5 (в ТО) до +171,3 (в УрФО). В 2016 году темп прироста в РФ составил +0,9, в ТО +6,0, на территории УрФО –3,8. Темп роста в 2016 году на территории ТО был ниже, чем в РФ (+106,0 в ТО, +111,0 в РФ), но выше, чем в УрФО (в УрФО +96,2). С 2016 г. на территории УрФО наблюдается снижение заболеваемости, в ТО это происходит на год позже, как и в среднем по России.

Попытка прогнозирования ЭП ВИЧ-инфекции в ТО на период до 2025 года была проведена с использованием метода ARIMA и возможностей Microsoft Excel (полиномиальной линии тренда).

Помимо прогнозирования показателей заболеваемости по каждому административно-территориальному образованию была создана картограмма прогнозов заболеваемости в ТО на 2021–2025 гг. (см. рис. 2).

Картограмма была создана в январе 2021 года, в связи с чем имеется возможность сравнения прогнозируемой заболеваемости ВИЧ-инфекцией

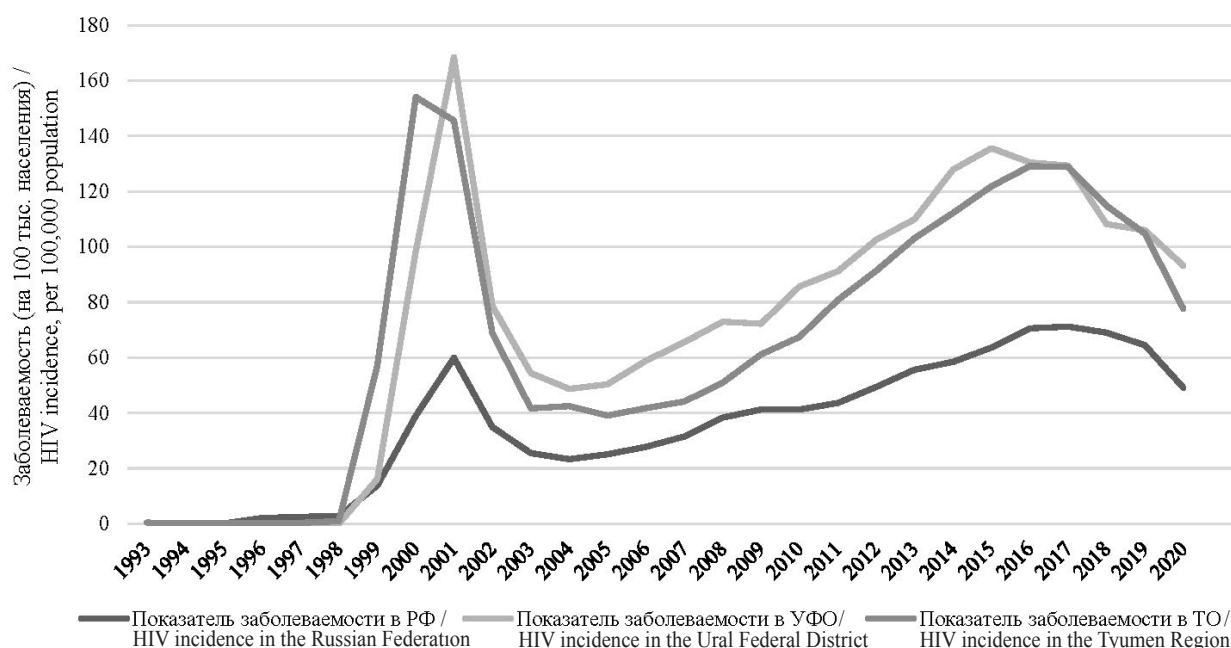


Рис. 1. Динамика заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Российской Федерации, Уральском федеральном округе и Тюменской области в 1993–2020 гг. (на 100 тыс. населения)

Fig. 1. HIV incidence rates in the Russian Federation, the Ural Federal District, and the Tyumen Region in 1993–2020 (per 100,000 population)

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-68-75>
Original Research Article

с фактической. Так, согласно фактическим данным, заболеваемость ВИЧ-инфекцией в 2021–2022 гг. в ТО составила 67,9 и 71,4 на 100 тысяч населения соответственно⁸. Прогнозируемое значение в 2021 году составило 52 на 100 тысяч населения (предиктивный интервал PI 80 % – 29–76 на 100 тыс. населения, при PI 95 % – 16–89 на 100 тыс. населения). Согласно полученным данным, в Бердюжском районе при низких показателях заболеваемости ВИЧ было спрогнозировано ежегодный рост заболеваемости в 2021–2025 гг. Фактические данные соответствовали прогнозируемым результатам (в 2021–2023 гг. показатель заболеваемости составил 57,9; 57,9; 73,2 на 100 тыс. населения соответственно; предиктивный показатель – 64,0; 66,0; 69,0 на 100 тыс. населения).

Для сравнения другой методики прогнозирования эпидемиологической ситуации была использована программа Microsoft Excel, с помощью которой построена полиномиальная линия тренда показателя заболеваемости, коэффициент детерминации (аппроксимации) которой составил $R^2 = 0,7497$. Согласно данным, полученным в модели, планируется рост показателей заболеваемости ВИЧ в регионе (см. рис. 3).

Обсуждение. Превышение фактических показателей заболеваемости с прогнозируемыми в АРИМА связано в первую очередь с ограничительными мероприятиями по новой коронавирусной инфек-

ции COVID-19, в связи с чем была снижен доступ к лицам, которые подвергаются повышенному риску ВИЧ-инфицирования в силу особенностей своего поведения. В 2021 г. на фоне значительного роста охвата тестированием темп прироста заболеваемости составил +5,2 %, что обусловлено в первую очередь влиянием пандемии коронавирусной инфекции на диагностику ВИЧ-инфекции в 2020 году). По данным различных источников, модель АРИМА при прогнозировании ЭП обладает точностью, что было описано в прогнозировании заболеваемости COVID-19 [9–12], бешенством крупного рогатого скота [13], туберкулезом [14–16], ВИЧ-инфекцией [17–18], геморрагической лихорадкой [19], норовирусной инфекцией [20], последствий пневмококиоза [21], в вопросах определения потребностей в запасах вакцин COVID-19 [22]. Также данная модель используется в других сферах: при прогнозировании ценовой динамики [23–27], логистической эффективности [28–29], курса валют [30], экономических показателей [31]. Полученные в ходе исследования данные прогнозирования изменений активности ЭП ВИЧ-инфекции до 2025 года позволяют проводить целенаправленные профилактические мероприятия, ориентированные на конкретные административно-территориальные образования ТО, необходимы для стабилизации эпидемиологической ситуации по ВИЧ-инфекции. Безусловно, использование результатов прогнозного моделирования не ограничивается

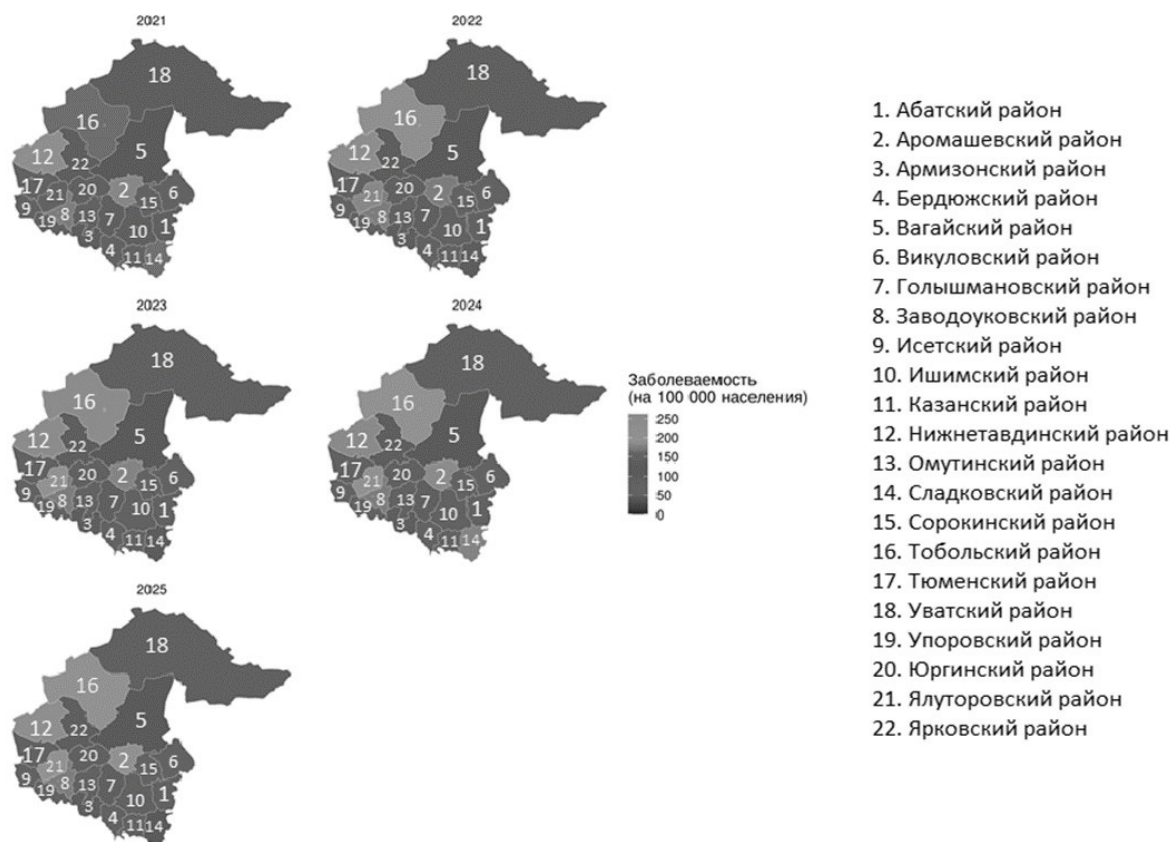


Рис. 2. Картограмма прогнозов заболеваемости в Тюменской области, полученная в иерархической модели АРИМА

Fig. 2. Cartogram of predicted incidence rates in the Tyumen Region obtained in the hierarchical АRIМА

⁸ Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тюменской области в 2022 году». Тюмень: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области, 2023. С. 6.

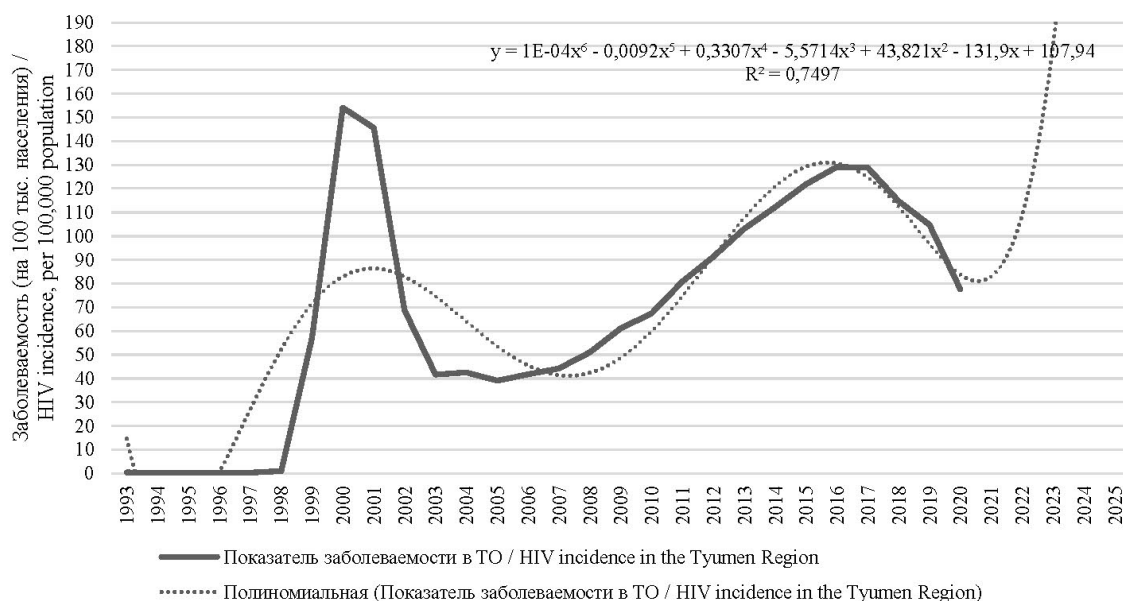


Рис. 3. Показатель заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Тюменской области с 1993 по 2020 г. с прогнозируемым показателем заболеваемости до 2025 года (на 100 тыс. населения)

Fig. 3. HIV incidence rates in the Tyumen Region in 1993–2020 and those predicted until the year 2025 (per 100,000 population)

разработкой лишь профилактических программ. Применение данного инструментария позволяет спрогнозировать число лиц, нуждающихся в антиретровирусной терапии, химиопрофилактике туберкулеза (расчет количества необходимых лекарственных средств), а также расчет количества медицинских работников, открытие других филиалов и межрайонных кабинетов на территориях с повышенной заболеваемостью ВИЧ. В то же время безусловный фактор, влияющий на ЭП, – это грамотность населения в вопросах безопасного поведения в отношении ВИЧ-инфекции. Благодаря возможности получения оптимальной модели путем изменения количества задержек в каждом аспекте модель ARIMA работает как более статистическая модель в прогнозировании по сравнению с другими методами, такими как линейная регрессия или экспоненциальное сглаживание. В модели авторегрессии каждое значение ряда находится в линейной зависимости от предыдущих значений. Модель скользящего среднего предполагает, что в ошибках модели в предшествующие периоды сосредоточена информация обо всей предыстории ряда.

Заключение. Выполненное прогнозирование эпидемического процесса до 2025 года двумя различными инструментами (ARIMA и Microsoft Excel) и сравнение полученных данных с фактическими 2021–2023 гг. позволяют заключить: данные, полученные в модели ARIMA, приближены к фактическим. Полиномиальная линия тренда не показала эффективности в прогнозировании ЭП. Использование различных методов прогнозного моделирования способствуют анализу текущей эпидемиологической ситуации, а также конструированию предполагаемой, являясь мощным инструментом в эпидемиологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ладная Н.Н., Покровский В.В., Дементьева Л.А. Развитие эпидемии ВИЧ-инфекции в Российской Федерации в 2015 г. // Актуальные вопросы ВИЧ-инфекции : материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30–31 мая 2016 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье». 2016. С. 4–9.
2. Сисин Е.И., Голубкова А.А., Алимов А.В. Скрининг на антитела к ВИЧ и возможности его совершенствования для решения проблемы сдерживания распространения ВИЧ-инфекции // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2020. № 12 (3). С. 95–103.
3. Ладная Н.Н., Покровский В.В., Соколова Е.В. Распространение инфекции, вызываемой вирусом иммунного дефицита человека, на территориях Российской Федерации в 2021 г. // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2022. № 12 (30). С. 12–18.
4. Рудаков Б.В., Абдулаев М.А. Проблемы противодействия незаконному проникновению наркотических и психотропных средств в Уральский федеральный округ // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 15. С. 166–170. <http://e-koncept.ru/2016/86933.htm>
5. Вьюхова А.И. Анализ мониторинга наркоситуации и ближайший прогноз (по материалам УМВД России по Тюменской области) // Правопорядок: история, теория, практика. 2019. № 2 (21). С. 66–72.
6. Беляков Н.А., Рассохин В.В., Розенталь В.В. и др. Эпидемиология ВИЧ-инфекции. Место мониторинга, научных и дозорных наблюдений, моделирования и прогнозирования обстановки // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2019. № 11 (2). С. 7–26.
7. Янчевская Е.Ю., Меснянкина О.А. Математическое моделирование и прогнозирование в эпидемиологии инфекционных заболеваний // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2019. № 23 (3). С. 328–334.
8. Миролубова А.А., Ермолаев А.Д., Прокофьев М.Б. ARIMA – прогнозирование спроса производственного

- предприятия // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 2 (66). С. 50–55
9. Кондратенко А.В., Тушев А.Н. Прогнозирование распространения инфекции COVID-19 в России с помощью модели ARIMA // Наука и молодежь : Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 8 частях, Барнаул, 01–05 июня 2020 года. Часть 7. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2020. С. 165–168.
 10. Макаровских Т.А., Аботалеб М.С.А. Автоматический подбор параметров модели ARIMA для прогноза количества случаев заражения и смерти от Covid-19 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2021. № 10 (2). С. 20–37.
 11. Ларькин А.Д. Анализ и оценка распространения COVID-19 на основе модели ARIMA // Электронные системы и технологии : Материалы 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Минск: Научное электронное издание, 2023. С. 215–218.
 12. Chowell G, Dahal S, Tariq A, Roosa K, Hyman JM, Luo R. An ensemble n-sub-epidemic modeling framework for short-term forecasting epidemic trajectories: Application to the COVID-19 pandemic in the USA. *PLoS Comput Biol*. 2022;18(10):e1010602. doi: 10.1371/journal.pcbi.1010602
 13. Santos AJFD, Ferreira JM, Baptista F, et al. Statistical analysis between 2006 and 2019 and forecast of rabies in cattle for 2020 and 2022 in Tocantins State (Brazil), by using the R Studio software. *Epidemiol Infect*. 2022;150:1–19. doi: 10.1017/S0950268822000553
 14. Siamba S, Otieno A, Koech J. Application of ARIMA, and hybrid ARIMA Models in predicting and forecasting tuberculosis incidences among children in Homa Bay and Turkana Counties, Kenya. *PLOS Digit Health*. 2023;2(2):e0000084. doi: 10.1371/journal.pdig.0000084
 15. Zhao D, Zhang H, Cao Q, et al. The research of ARIMA, GM(1,1), and LSTM models for prediction of TB cases in China. *PLoS One*. 2022;17(2):e0262734. doi: 10.1371/journal.pone.0262734
 16. Li ZQ, Pan HQ, Liu Q, Song H, Wang JM. Comparing the performance of time series models with or without meteorological factors in predicting incident pulmonary tuberculosis in eastern China. *Infect Dis Poverty*. 2020;9(1):151. doi: 10.1186/s40249-020-00771-7
 17. Seabra IL, Pedroso AO, Rodrigues TB, et al. Temporal trend and spatial analysis of the HIV epidemic in young men who have sex with men in the second largest Brazilian Amazonian province. *BMC Infect Dis*. 2022;22(1):190. doi: 10.1186/s12879-022-07177-w
 18. Yuan L, Tian S, Zhao Z, Liu P, Liu L, Sun J. Mean generation function model in AIDS epidemic estimation. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2022;22(1):104. doi: 10.1186/s12911-022-01825-6
 19. Zhang R, Song H, Chen Q, Wang Y, Wang S, Li Y. Comparison of ARIMA and LSTM for prediction of hemorrhagic fever at different time scales in China. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262009. doi: 10.1371/journal.pone.0262009
 20. Косова А.А., Чалапа В.И. Прогнозирование динамики заболеваемости норовирусной инфекцией с применением моделей временных рядов // Уральский медицинский журнал. 2023. Т. 22. № 3. С. 57–63.
 21. Lou HR, Wang X, Gao Y, Zeng Q. Comparison of ARIMA model, DNN model and LSTM model in predicting disease burden of occupational pneumoconiosis in Tianjin, China. *BMC Public Health*. 2022;22(1):2167. doi: 10.1186/s12889-022-14642-3
 22. Dhamodharavadhani S, Rathipriya R. Vaccine rate forecast for COVID-19 in Africa using hybrid forecasting models. *Afr Health Sci*. 2023;23(1):93–103. doi: 10.4314/ahs.v23i1.11
 23. Архипова А.А. Прогнозирование ценовой динамики акций с помощью модели ARIMA-GARCH // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 6-1(100). С. 14–17.
 24. Ленских А.Н., Шарипов Д.Д. Анализ стоимости урана с использованием модели ARIMA // Современные технологии и экономика в энергетике : Материалы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2023. С. 34–37.
 25. Герасимук А.Д. Применение модели ARIMA для прогнозирования цен на нефть // Самоуправление. 2022. № 2 (130). С. 300–304.
 26. Кочегурова Е.А., Михайлова Я.А. Прогнозирование индекса потребительских цен Томской области с использованием модели ARIMA // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–26 марта 2021 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. С. 59–60.
 27. Привалов К.О. Прогнозирование спроса на товары с использованием моделей ARIMA и SARIMA // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи – НТТДМ 2021 : Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Смоленск, 21 мая 2021 года. Вып. 5. Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. С. 107–113.
 28. Дуболазов В.А., Оспанов Д.Т., Сомов А.Г. Анализ и прогнозирование поведения агрегированного индекса логистической эффективности методом ARIMA // Экономика и предпринимательство. 2019. № 3 (104). С. 1132–1136.
 29. Маловецкая Е.В., Мозалевская А.К. Возможности применения моделей ARIMA при построении прогнозных значений вагонопотоков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2023. № 17 (1). С. 33–41.
 30. Лебедев Я.Б. Прогнозирование курсов валют методом ARIMA // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем : материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 17–21 апреля 2023 года. Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. С. 358–361.
 31. Каменская Е.А. Применение ARIMA-моделей при прогнозировании экономических показателей // Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии : Сборник научных статей по итогам работы второго международного круглого стола, Москва, 15–16 мая 2019 года. Том 1. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Конверт», 2019. С. 89–90.

REFERENCES

1. Ladnaia NN, Pokrovsky VV, Dementyeva LA, Simashev TI, Lipina ES, Yurin OG. [Development of the HIV epidemic in the Russian Federation in 2015.] In: *Topical Issues of HIV Infection: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, May 30–31, 2016*. St. Petersburg: St. Petersburg Public Organization “Man and His Health” Publ.; 2016:4–9. (In Russ.)

2. Sisin Yel, Golubkova AA, Alimov AV, Lelenkova YeV, Mahorina TV, Pitserskiy MV. HIV antibody screening and ways to improve it to address the problem of containing the spread of HIV infection. *VICH-Infektsiya i Immunosupressii*. 2020;12(3):95-103. (In Russ.) doi: 10.22328/2077-9828-2020-12-3-95-103
3. Ladnaia NN, Pokrovsky VV, Sokolova EV, Chekryzhova DG, Kirzhanova VV. Prevalence of human immune deficiency virus infection in the territories of the Russian Federation in 2021. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy*. 2022;12(3):12-18. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2022.12.3.12-18
4. Rudakov BV, Abdulaev MA. [Problems of countering the illegal penetration of narcotic and psychotropic drugs into the Ural Federal District.] *Nauchno-metodicheskiy Elektronnyy Zhurnal „Koncept“*. 2016;15:166-170. (In Russ.) Accessed July 25, 2024. <http://e-koncept.ru/2016/86933.htm>
5. Viukhova AI. Analysis of the monitoring of the drug situation and the immediate prognosis (on materials of the Ministry of Internal Affairs of Russia for Tyumen region). *Pravoporyadok: Istoriya, Teoriya, Praktika*. 2019;2(21):66-72. (In Russ.)
6. Belyakov NA, Rassohin VV, Rozental' VV, et al. [Epidemiology of HIV infection. Place of monitoring, scientific and sentinel observations, modeling and forecasting of the situation.] *VICH-Infektsiya i Immunosupressii*. 2019;11(2):7-26. (In Russ.) doi 10.22328/2077-9828-2019-11-2-7-26
7. Yanchevskaya EYa, Mesnyankina OA. Mathematical modelling and prediction in infectious disease epidemiology. *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Meditsina*. 2019;23(3):328-334. (In Russ.) doi: 10.22363/2313-0245-2019-23-3-328-334
8. Mirolyubova AA, Ermolaev AD, Prokofiev MB. ARIMA – Forecasting the demand of the production plant. *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii. Regional'noe Prilozhenie*. 2021;2(66):50-55. (In Russ.) doi: 10.6060/snt.20216602.0007
9. Kondratenko AV, Tushev AN. [Prediction of the spread of COVID-19 in Russia using the ARIMA model.] In: *Science and Youth: Proceedings of the XVII All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Barnaul, June 01–05, 2020*. Barnaul: I.I. Polzunov Altai State Technical University Publ.; 2020;7:165-168. (In Russ.)
10. Makarovskikh TA, Abotaleb MSA. Automatic selection of ARIMA model parameters to forecast COVID-19 infection and death cases. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Vychislitel'naya Matematika i Informatika*. 2021;10(2):20-37. (In Russ.) doi: 10.14529/cmse210202
11. Larkin AD. Analysis and assessment of the spread of COVID-19 based on the ARIMA model. In: *Electronic Systems and Technologies: Proceedings of the 59th Scientific Conference of Postgraduates, Undergraduates and students of BSUIR, Minsk, April 17–21, 2023*. Minsk: Scientific Electronic Edition Publ.; 2023:215-218. (In Russ.)
12. Chowell G, Dahal S, Tariq A, Roosa K, Hyman JM, Luo R. An ensemble n-sub-epidemic modeling framework for short-term forecasting epidemic trajectories: Application to the COVID-19 pandemic in the USA. *PLoS Comput Biol*. 2022;18(10):e1010602. doi: 10.1371/journal.pcbi.1010602
13. Santos AJFD, Ferreira JM, Baptista F, et al. Statistical analysis between 2006 and 2019 and forecast of rabies in cattle for 2020 and 2022 in Tocantins State (Brazil), by using the R Studio software. *Epidemiol Infect*. 2022;150:1-19. doi: 10.1017/S0950268822000553
14. Siamba S, Otieno A, Koech J. Application of ARIMA, and hybrid ARIMA Models in predicting and forecasting tuberculosis incidences among children in Homa Bay and Turkana Counties, Kenya. *PLOS Digit Health*. 2023;2(2):e0000084. doi: 10.1371/journal.pdig.0000084
15. Zhao D, Zhang H, Cao Q, et al. The research of ARIMA, GM(1,1), and LSTM models for prediction of TB cases in China. *PLoS One*. 2022;17(2):e0262734. doi: 10.1371/journal.pone.0262734
16. Li ZQ, Pan HQ, Liu Q, Song H, Wang JM. Comparing the performance of time series models with or without meteorological factors in predicting incident pulmonary tuberculosis in eastern China. *Infect Dis Poverty*. 2020;9(1):151. doi: 10.1186/s40249-020-00771-7
17. Seabra IL, Pedroso AO, Rodrigues TB, et al. Temporal trend and spatial analysis of the HIV epidemic in young men who have sex with men in the second largest Brazilian Amazonian province. *BMC Infect Dis*. 2022;22(1):190. doi: 10.1186/s12879-022-07177-w
18. Yuan L, Tian S, Zhao Z, Liu P, Liu L, Sun J. Mean generation function model in AIDS epidemic estimation. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2022;22(1):104. doi: 10.1186/s12911-022-01825-6
19. Zhang R, Song H, Chen Q, Wang Y, Wang S, Li Y. Comparison of ARIMA and LSTM for prediction of hemorrhagic fever at different time scales in China. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262009. doi: 10.1371/journal.pone.0262009
20. Kosova AA, Chalapa VI. Predicting the dynamics of norovirus infection using time series models. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2023;22(3):57-63. (In Russ.) doi: 10.52420/2071-5943-2023-22-3-57-63
21. Lou HR, Wang X, Gao Y, Zeng Q. Comparison of ARIMA model, DNN model and LSTM model in predicting disease burden of occupational pneumoconiosis in Tianjin, China. *BMC Public Health*. 2022;22(1):2167. doi: 10.1186/s12889-022-14642-3
22. Dhamodharavadhani S, Rathipriya R. Vaccine rate forecast for COVID-19 in Africa using hybrid forecasting models. *Afr Health Sci*. 2023;23(1):93-103. doi: 10.4314/ahs.v23i1.11
23. Arkhipova AA. Forecasting stock price using the ARIMA-GARCH model. *Ekonomika i Biznes: Teoriya i Praktika*. 2023;6-1(100):14-17. (In Russ.) doi: 10.24412/2411-0450-2023-6-1-14-17
24. Lenskikh AN, Sharipov DD. [Uranium cost analysis using the ARIMA model.] In: *Modern Technologies and Economics in the Energy Sector: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, April 27, 2023*. St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ.; 2023:34-37. (In Russ.)
25. Gerasimuk AD. Application of the ARIMA model for oil price forecasting. *Samoupravlenie*. 2022;2(130):300-304. (In Russ.)
26. Kochegurova EA, Mikhaylova YaA. [Forecasting the consumer price index of the Tomsk Region using the ARIMA model.] In: *Youth and Modern Information Technologies: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Tomsk, March 22–26, 2021*. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University Publ.; 2021:59-60. (In Russ.)
27. Privalov KO. Forecasting the demand for goods using the ARIMA and SARIMA models. In: *Development of Scientific and Technical Creativity of Children and Youth – NTTDM 2021: Proceedings of the Fifth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Smolensk, May 21, 2021*. Kirov: Interre-

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-68-75>
Original Research Article

- gional Center for Innovative Technologies in Education Publ.; 2021;5:107-113. (In Russ.)
28. Dubolazov VA, Ospanov DT, Somov AG. Analysis and prediction of the behavior of the logistic performance index by the method of ARIMA. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo*. 2019;(3(104)):1132-1136. (In Russ.)
 29. Malovetskaya EV, Mozalevskaya AK. Possibilities of application of ARIMA models in building forecast values of car-flows. *T-Comm: Telekommunikatsii i Transport*. 2023;17(1):33-41. (In Russ.) doi: 10.36724/2072-8735-2023-17-1-33-41
 30. Lebedev YB. Forecasting exchange rates using the ARIMA method. In: *Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems: Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, Moscow, April 17–21, 2023*. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia Publ.; 2023:358-361. (In Russ.)
 31. Kamenskaya EA. [Application of ARIMA models in forecasting economic indicators.] In: *Contemporary World Economy: Problems and Prospects in the Era of Development of Digital Technologies and Biotechnology: Proceedings of the Second International Round Table, Moscow, May 15–16, 2019*. Moscow: "Konvert" LLC; 2019;1:89-90. (In Russ.)

Сведения об авторе:

✉ **Мельникова** Елена Николаевна – старший преподаватель кафедры гигиены, экологии и эпидемиологии; e-mail: melnikova-elena@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4402-279X>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает единоличную ответственность за написание рукописи, концепцию, дизайн исследования, анализ, интерпретацию данных, подготовку окончательного варианта рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения этического комитета или других документов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Статья получена: 01.10.23 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

✉ **Elena N. Melnikova**, Senior Lecturer, Department of Hygiene, Ecology and Epidemiology, Tyumen State Medical University; e-mail: melnikova-elena@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4402-279X>.

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

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

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

Received: October 01, 2023 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024



Оценка вирулицидной эффективности средств бытовой химии

Т.В. Воронцова¹, Н.И. Еремеева^{1,2}, Л.И. Истомина¹, В.А. Новиков¹, Ю.В. Демина^{1,2}

¹ Институт дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»
Роспотребнадзора, Научный пр-д, д. 18, г. Москва, 117246, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава
России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, г. Москва, 125993, Российская Федерация

Резюме

Введение. В связи с использованием средств бытовой химии населением в быту для профилактики новой коронавирусной инфекции, актуальным является проведение исследований по изучению вирулицидной эффективности средств бытовой химии.

Цель. Оценка вирулицидной эффективности средств бытовой химии в отношении тест-вирусов.

Материалы и методы. В 2022–2023 гг. изучена вирулицидная эффективность 37 средств бытовой химии в виде гелей, спреев, растворов на основе гипохлорита натрия, органических и неорганических кислот, катионных поверхностно-активных веществ (КПАВ) в отношении тест-вирусов на поверхностях: вирус полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)), титр вируса 6,8 lg ТЦИД50 и аденовируса 5-го типа, титр 6,5 lg ТЦИД50 согласно п. 3.5 Руководства Р 4.2.3676–20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности».

Результаты. Средства на основе гипохлорита натрия в отношении тест-вирусов проявили эффективность в течение 5 и 15 мин. Время для достижения вирулицидной эффективности образцов на основе органических и неорганических кислот варьируется от 5 до 30 мин. При этом поиск влияния процентного содержания между органическими и неорганическими кислотами в составе образцов на время проявления вирулицидной эффективности не позволил выявить достоверных различий ($p > 0,05$), что, возможно, указывает на влияние вспомогательных компонентов рецептуры. Средства на основе КПАВ продемонстрировали вирулицидную эффективность после 30 мин при содержании действующего вещества – алкилдиметилбензиламмония хлорида от 0,264 до 0,8 %, что может свидетельствовать о влиянии вспомогательных компонентов рецептур.

Заключение. Установлено наличие вирулицидной эффективности средств бытовой химии, что подтверждает возможность их использования для прерывания эпидемической цепочки передачи вирусных инфекций в быту, но при соблюдении режимов применения (концентрации средства и времени воздействия). Наличие влияния вспомогательных компонентов рецептуры на вирулицидную эффективность средств требует дополнительного изучения.

Ограничения исследования. В данную работу не включены средства для мытья рук с обеззараживающим эффектом.

Ключевые слова: вирусы, полиовирус, аденовирус, средства бытовой химии, дезинфекция.

Для цитирования: Воронцова Т.В., Еремеева Н.И., Истомина Л.И., Новиков В.А., Демина Ю.В. Оценка вирулицидной эффективности средств бытовой химии // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 76–82. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-76-82

Evaluation of Virucidal Efficacy of Household Chemicals

Tatyana V. Vorontsova,¹ Natalya I. Eremeeva,^{1,2} Ludmila I. Istomina,¹
Vyacheslav A. Novikov,¹ Yulia V. Demina^{1,2}

¹ Institute of Disinfectology, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene,
18 Nauchny Driveway, Moscow, 117246, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
Bldg 1, 2/1 Barrikadnaya Street, Moscow, 125993, Russian Federation

Summary

Introduction: Given the use of household chemicals by the population for prevention of the novel coronavirus disease, it is relevant to establish their efficacy.

Objective: To evaluate virucidal efficacy of household chemicals against certain highly contagious viruses.

Materials and methods: In 2022–2023, we tested the virucidal efficacy of 37 household chemical cleaning gels, sprays, solutions based on sodium hypochlorite, organic and inorganic acids, and cationic surfactants intended for decontamination and cleaning of surfaces against poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain), virus titer = 6.8 lg TCID₅₀, and adenovirus type 5, virus titer = 6.5 lg TCID₅₀, according to Clause 3.5 of Russian Guidelines R 4.2.3676–20, Methods of laboratory testing of disinfectants for efficacy and safety.

Study limitations: Hand wash products with disinfection potential were not tested.

Results: Disinfecting agents containing sodium hypochlorite demonstrated efficacy against the study viruses within 5 and 15 minutes, respectively. The time to achieve virucidal efficacy of the samples containing organic and inorganic acids varied from five to 30 minutes. We observed no significant differences ($p > 0.05$) in the influence of various proportions and percentage concentrations of organic and inorganic acids in the composition of the product samples on the time of manifestation of virucidal efficacy, which suggests potential impact of other ingredients. Surfactants containing 0.264 % to 0.8 % of alkyltrimethylbenzylammonium chloride as an active substance showed their virucidal efficacy 30 minutes after wiping, also suggesting the effect of other chemicals added.

Conclusions: We established the virucidal efficacy of household cleaning products, thus confirming that they can be recommended for interruption of the epidemic chain of transmission of viral infections given proper concentrations of the product and exposure time used. Further research is needed to evaluate effects of non-major ingredients of the disinfectants on their virucidal efficacy.

Keywords: viruses, poliovirus, adenovirus, household chemicals, disinfection.

Cite as: Vorontsova TV, Eremeeva NI, Istomina LI, Novikov VA, Demina YuV. Evaluation of virucidal efficacy of household chemicals. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):76–82. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-76-82

Введение. Пандемия коронавирусной инфекции COVID-19 поставила много вопросов, касающихся профилактики и борьбы с этой инфекцией, и впервые показала, что прерывание цепочки распространения инфекционного заболевания может затрагивать все сферы жизни¹ [1–4]. При нахождении в одном помещении зараженных и здоровых людей требуется эффективная дезинфекционная обработка потенциально контагиозных поверхностей и предметов против возбудителей заболеваний, включая заболевания вирусной этиологии. Другой проблемой в период пандемии стала нехватка традиционных дезинфицирующих средств, в том числе связанная и с разрывом логистических цепочек поставок [5–6]. Не исключено, что эта ситуация может повториться.

Помимо этого, актуальной проблемой остается поиск и создание новых высокоэффективных вирулицидных дезинфицирующих средств, приводящих к быстрой гибели возбудителей вирусных инфекций на контаминированных объектах. В связи с этим существенную роль играют средства, обладающие доказанными вирулицидными свойствами [7–15].

В период пандемии средства бытовой химии стали активно использоваться населением в быту для профилактики новой коронавирусной инфекции.

По своему назначению средства бытовой химии можно подразделить на освежители воздуха, лаки и краски, средства для стирки, средства для сада, средства для ухода за домашними питомцами, топливо, полироли и другие средства для ухода за мебелью, косметику и средства личной гигиены, чистящие средства [16].

Учитывая широкий спектр решаемых задач, неудивительно, что в состав многих продуктов входят вещества, обладающие антимикробной активностью [17–18]. Прежде всего это относится к чистящим средствам.

Чистящие средства используют для удаления загрязнений на различных поверхностях. По химическому составу можно выделить кислотные чистящие средства, которые обычно состоят из комплекса минеральных и органических кислот и предназначены для очистки кафеля, санитарно-технического оборудования и других поверхностей. Данные средства имеют в своем составе вещества, обладающие широким спектром антимикробной активности, такие как соляная кислота, фосфорная кислота, серная кислота, щавелевая кислота, алкилбензолсульфокислота, бензолсульфоновая кислота и другие [19]. Щелочные чистящие средства, как правило на основе гипохлорита натрия, антимикробные свойства которого общеизвестны, применяют для очистки сантехники, но могут также использовать для удаления сложных загрязнений плит, грилей и тому подобное [20]. Если кислотные чистящие средства бывают только жидкими, то щелочные средства на основе кальцинированной соды выпускают также и в виде порошков. Третья группа чистящих средств представлена продук-

тами, которые по своему составу однозначно не могут быть отнесены к кислотным или щелочным средствам. Очищающий эффект таких продуктов достигается за счет использования сложных смесей поверхностно-активных веществ, однако в состав иногда вводят катионные поверхностно-активные вещества (КПАВ), которые часто используют в качестве активных компонентов дезинфицирующих средств [21].

Несмотря на это, антимикробные свойства средств бытовой химии до настоящего времени систематически не изучались. В работе Rutala W., Barbee S., Aguiar N., Sobsey M. & Weber D. (2000) [22] рассмотрена эффективность пищевой соды, уксуса и традиционных дезинфицирующих средств в отношении *Staphylococcus aureus*, *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli* 0157:H7 и *Pseudomonas aeruginosa*. Показано, что уксус и пищевая сода не могут рассматриваться в качестве потенциальных дезинфектантов.

Авторами работы [23] изучена активность различных средств для очистки зубных протезов в отношении *Klebsiella pneumoniae* NCIMB 13291, *Streptococcus mutans* NCTC 10449, *Candida albicans* NCPF 3179, *Porphyromonas gingivalis* ATCC 53978 и *Fusobacterium nucleatum* NCTC 10562. В антимикробных тестах средства на основе гипохлорита натрия изопропиловый спирт и спиртосодержащий ополаскиватель для рта показали отличные результаты в отношении всех микроорганизмов. Таблетки для очистки протезов были эффективны при 5-минутной экспозиции в отношении всех микроорганизмов. Зубная паста продемонстрировала активность только в отношении бактерий. Уксус, мыло, соль и бикарбонат натрия не показали антимикробной активности.

В статье [24], посвященной изучению влияния 10 чистящих средств на *Acinetobacter baumannii*, показано, что чистящие средства оказывают губительное действие на *A. baumannii*, обусловленное нарушением структуры клеточной стенки. При этом остаточные количества чистящих средств на обработанных поверхностях могут явиться причиной развития устойчивости *A. baumannii* к антибиотикам, действующим внутриклеточно [24–26].

Доступных для ознакомления работ, посвященных результатам исследования эффективности средств бытовой химии в отношении вирусов в открытом доступе, нами не найдено.

В связи с указанным выше **целью исследования** была оценка вирулицидной эффективности средств бытовой химии в отношении тест-вирусов.

Материалы и методы. Исследования выполнены в период 2022–2023 гг. в вирусологической лаборатории отдела дезинфекции и стерилизации (с лабораторией микробиологии) Института дезинфектологии в соответствии с п. 3.5 Руководства Р 4.2.3676–20² способом протирания с использованием следующих тест-вирусов на поверхностях: вирус полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм

¹ Всемирная организация здравоохранения. Глобальный веб-сайт. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/ru/> (дата обращения: 18.03.2024).

² Руководство Р 4.2.3676–20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности». Утверждено Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповым 18 декабря 2020 г.

Sabin (LSc-2ab)), титр вируса 6,8 lg ТЦИД₅₀ и аденовируса 5-го типа, титр 6,5 lg ТЦИД₅₀.

Модельная система. Для работы с вирусами при исследовании их резистентности к средствам бытовой химии использовали перевиваемую культуру клеток человека Нер-2, чувствительную для обоих вирусов.

Структура исследования. Исследование проводили микрометодом в 96-луночных плоскодонных планшетах (п.п. 3.5.10.2 Руководства Р 4.2.3676–20). Вирусом, подвергшимся воздействию средства и нейтрализации, проводили инфицирование культуры клеток Нер-2, культивировали в CO₂-инкубаторе при температуре плюс (36 ± 1) °С в течение 4–6 суток. Репродукцию вируса в клетках оценивали по цитопатическому эффекту методом микроскопии.

Критерий учета результатов. Эффект вирулицидного действия средства оценивали по степени ингибирования инфекционного вируса, измеряемого в lg ТЦИД₅₀ (50 % тканевая цитопатическая инфекционная доза). Критерием эффективности является степень ингибирования репродукции вируса, которая должна быть не менее 4 lg ТЦИД₅₀. Титр вируса вычисляли методом Рида и Менча.

Средства бытовой химии. Испытаны образцы средств бытовой химии ($n = 37$) с дезинфицирующим эффектом, предназначенных для обработки различных поверхностей, в виде гелей, спреев, растворов, приобретенные в пунктах розничной торговли. Действующие вещества (ДВ), входящие в состав испытанных средств, относятся к 3 группам химических веществ: 1) гипохлорит натрия (количество исследованных образцов: $n = 17$; в табл. 1 приведены данные по образцам № 1–4); 2) органические и неорганические кислоты ($n = 13$; в табл. 2 приведены данные по образцам № 5–10); 3) КПАВ ($n = 7$; в табл. 3 приведены данные по образцам № 11–12). Вирулицидную эффективность образцов средств бытовой химии в отношении тест-вирусов изучали в отношении шести экспозиций с шагом 5 минут воздействия (5, 10, 15, 20, 25, 30).

Концентрацию ДВ в растворе рассчитывали по формуле: $X = (C \times M) : 100$, где X – искомая концентрация ДВ в растворе (%), C – концентрация рабочего раствора по препарату, рекомендованная в инструкции В (%); M – количество ДВ в средстве, указанное в инструкции по применению (%).

Статистическая обработка результатов. Статистический анализ данных описательной статистики и определения t -критерия Стьюдента для определения достоверности различий между групповыми количественными показателями проводили с помощью программ Microsoft Excel (Microsoft, США) и BioStat 2009, версия 5 (AnalystSoft Inc., США). Различия считались статистически достоверными при значении $p < 0,05$.

Результаты. Результаты исследований показали, что все испытанные средства бытовой химии в 100 % случаев обладают вирулицидной активностью в отношении безоболочечных тест-вирусов (вирус полиомиелита, аденовирус). Однако время, необходимое для достижения необходимого критерия вирулицидной эффективности у средств разных химических групп и даже внутри одной группы, существенно различалось.

Как видно из данных, представленных в табл. 1, образцы № 1–3 средств бытовой химии на основе гипохлорита оказались эффективными в отношении тест-вирусов (полиовируса и аденовируса) в течение 5 минут воздействия.

Обращает на себя внимание тот факт, что образец № 4 при той же концентрации гипохлорита натрия смог обеспечить необходимую степень ингибирования вирусных частиц только после 15 минут воздействия.

Результаты оценки эффективности средств бытовой химии на основе органических и неорганических кислот, представленные в табл. 2, позволяют констатировать, что в данной, неоднородной по химическому составу, группе образцов время воздействия для достижения вирулицидной эффективности образцов варьирует от 5 мин (образец

Таблица 1. Результаты оценки эффективности средств бытовой химии на основе гипохлорита натрия в отношении вируса полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)) и аденовируса 5-го типа способом протирания

Table 1. Results of evaluating virucidal efficacy of household chemicals containing sodium hypochlorite against poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain) and adenovirus type 5 by wiping

Номер образца / Sample number	Концентрация NaOCl, % / NaOCl concentration, %	Время обеззараживания, мин / Disinfection time, min	Степень ингибирования, lg ТЦИД ₅₀ * / Degree of inhibition, lg TCID ₅₀ *
<i>Вирус полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)) / Poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain)</i>			
1	3,0	5	4,13 ± 0,12
2	5,0	5	4,29 ± 0,17
3	3,0	5	4,31 ± 0,15
4	3,0	15	4,03 ± 0,01
<i>Аденовирус 5-го типа / Adenovirus type 5</i>			
1	3,0	5	4,33 ± 0,23
2	5,0	5	4,16 ± 0,16
3	3,0	5	4,29 ± 0,19
4	3,0	15	4,17 ± 0,15

Примечание к таблицам 1–3: * – степень ингибирования вируса, выраженная в lg ТЦИД₅₀, ± стандартное отклонение (по формуле Рида – Менча).

Note to Tables 1–3: *Degree of inhibition of the virus expressed as lg TCID₅₀ ± standard deviation (Reed–Muench method).

№ 7) до 30 мин (образец № 6). Образец № 8 проявил вирулицидную эффективность после 10 мин воздействия, образцы № 5, № 9–10 – в течение 15 мин.

Поиск влияния процентного содержания между органическими и неорганическими кислотами в составе образцов средств бытовой химии на время проявления вирулицидной эффективности не позволил выявить достоверных различий ($p > 0,05$). По-видимому, на время проявления вирулицидной эффективности средств на основе органических и неорганических кислот оказывают влияние вспомогательные компоненты рецептуры.

Данные табл. 3 демонстрируют наличие вирулицидной эффективности у средств бытовой химии на основе алкилдиметилбензиламмония хлорида (АДБАХ) после 30 мин воздействия. Тем не менее из результатов, представленных в табл. 3, видно, что концентрация АДБАХ, равная 0,264 % в образце № 11, проявляет вирулицидную эффективность в течение того же времени воздействия (30 мин), что и концентрация АДБАХ – 0,8 % в образце № 12, в три раза превышающую таковую в образце № 11. Можно предположить, что на проявление вирулицидной эффективности готовых средств бытовой химии на основе КПАВ также влияют вспомогательные компоненты, входящие в составы рецептур, которые могут как повысить, так и понизить вирулицидную активность.

Обсуждение. Современным санитарным законодательством для средств бытовой химии не регламентировано наличие антимикробной, в том числе противовирусной, активности. Однако наличие дезинфицирующего действия может быть необходимым требованием к чистящим средствам,

например в сфере клининга. Дополнительными факторами, которые позволяют рассматривать антимикробное действие чистящих средств, являются использование в их составе веществ, обладающих антимикробными свойствами, а также наличие данных в литературе [24] о том, что остаточные количества чистящих средств на поверхностях могут способствовать развитию устойчивости патогенных бактерий к антибиотикам [25–26]. Из рассмотрения в данной работе мы исключили средства для мытья рук с обеззараживающим эффектом, поскольку в этом случае для эффективного обеззараживания рук концентрации действующих веществ превышают безопасные для повседневного использования, что делает такую продукцию дезинфицирующим средством.

Для рассматриваемых в данном исследовании средств бытовой химии основным назначением является очистка поверхностей. Так, средства на основе гипохлорита натрия или на основе кислот применяются для очистки сантехники, кафельной плитки. С точки зрения потребителя чистящие свойства этих продуктов так же важны, как и отсутствие коррозионного действия на обрабатываемые материалы. Пандемия новой коронавирусной инфекции показала, что профилактические мероприятия в сегменте HoReCa (это аббревиатура из английских слов: Hotel, Restaurant и Cafe или Catering, т. е. сфера гостинично-ресторанного бизнеса), а также в бытовых условиях могут стать необходимым звеном в прерывании эпидемиологической цепи.

С точки зрения вирулицидной активности средств бытовой химии нельзя ориентироваться только на активность потенциального действующего вещества.

Таблица 2. Результаты оценки эффективности средств бытовой химии на основе органических и неорганических кислот в отношении вируса полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм *Sabin* (LSc-2ab)) и аденовируса 5-го типа способом протирания

Table 2. Results of evaluating virucidal efficacy of household chemicals containing organic and inorganic acids against poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain) and adenovirus type 5 by wiping

Номер образца / Sample number	Действующие вещества – концентрации (%) / Active ingredients – concentrations (%)	Время обеззараживания, мин / Disinfection time, min	Степень ингибирования, lg ТЦИД50* / Degree of inhibition, lg TCID50*
<i>Вирус полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)) / Poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain)</i>			
5	Муравьиная кислота / Formic acid – 1,0 Молочная кислота / Lactic acid – 0,80 Фосфорная кислота / Phosphoric acid – 5,7	15	4,09 ± 0,07
6	Сульфаминовая кислота / Sulfamic acid – 95,0	30	4,11 ± 0,10
7	Серная кислота / Sulfuric acid – 15,0 Муравьиная кислота / Formic acid – 1,5	5	4,03 ± 0,01
8	Молочная кислота / Lactic acid – 80,0	10	4,15 ± 0,13
9	Соляная кислота / Hydrochloric acid – 9,6	15	4,07 ± 0,05
10	Соляная кислота / Hydrochloric acid – 6,0	15	4,13 ± 0,11
<i>Аденовирус 5-го типа / Adenovirus type 5</i>			
5	Муравьиная кислота / Formic acid – 1,0 Молочная кислота / Lactic acid – 0,80 Фосфорная кислота / Phosphoric acid – 5,7	15	4,21 ± 0,20
6	Сульфаминовая кислота / Sulfamic acid – 95,0	30	4,10 ± 0,10
7	Серная кислота / Sulfuric acid – 15,0 Муравьиная кислота / Formic acid – 1,5	5	4,32 ± 0,30
8	Молочная кислота / Lactic acid – 80,0	10	4,09 ± 0,08
9	Соляная кислота / Hydrochloric acid – 9,6	15	4,17 ± 0,15
10	Соляная кислота / Hydrochloric acid – 6,0	15	4,23 ± 0,21

Таблица 3. Результаты оценки эффективности средств бытовой химии на основе КПАВ в отношении вируса полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)) и аденовируса 5-го типа способом протирания**Table 3. Results of evaluating virucidal efficacy of household chemicals containing cationic surfactants against poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain) and adenovirus type 5 by wiping**

Номер образца / Sample number	Действующие вещества – концентрации (%) / Active ingredients – concentrations (%)	Время обеззараживания, мин / Disinfection time, min	Степень ингибирования, lg ТЦИД50* / Degree of inhibition, lg TCID50*
<i>Вирус полиомиелита 1-го типа (вакцинный штамм Sabin (LSc-2ab)) / Poliovirus type 1 (Sabin attenuated LSc/2ab strain)</i>			
11	Алкилдиметилбензиламмоний хлорида / Alkyldimethylbenzylammonium chloride – 0,264	30	4,23 ± 0,20
12	Алкилдиметилбензиламмоний хлорида / Alkyldimethylbenzylammonium chloride – 0,8	30	4,19 ± 0,19
<i>Аденовирус 5-го типа / Adenovirus type 5</i>			
11	Алкилдиметилбензиламмоний хлорида / Alkyldimethylbenzylammonium chloride – 0,264	30	4,23 ± 0,20
12	Алкилдиметилбензиламмоний хлорида / Alkyldimethylbenzylammonium chloride – 0,8	30	4,19 ± 0,19

Например, средства для чистки сантехники на основе гипохлорита натрия часто выпускают в виде гелей. В этой препаративной форме действующее вещество связано с молекулами модификатора реологии. Это затрудняет его контакт с оболочкой микроорганизма. С другой стороны, такая форма позволяет увеличить время контакта, что благоприятно влияет на эффективность средства. Таким образом, вспомогательные вещества также могут влиять на антимикробную активность, что и было продемонстрировано результатами данного исследования.

В связи с тем что все изученные образцы средств бытовой химии, независимо от принадлежности к группе химических веществ, проявили вирулицидную эффективность в отношении тест-вирусов, можно предположить, что эти же режимы применения окажутся эффективными в отношении других вирусов, включая вирус SARS-CoV-2 – возбудителя пандемии коронавирусной инфекции. Это обусловлено тем, что средство, эффективное в отношении более устойчивых микроорганизмов, будет эффективно и в отношении менее устойчивых микроорганизмов³. В свою очередь, вирус полиомиелита является одним из наиболее устойчивых вирусов к воздействию физических и химических факторов [27]. Поэтому режимы дезинфекции, эффективные в отношении данного вируса, будут эффективными и в отношении вирусов, менее устойчивых к воздействию химических веществ.

При этом необходимо обратить внимание на то, что вирулицидная эффективность чистящих средств бытовой химии достигается при разном времени воздействия – от 5 до 30 мин. Полученные результаты согласуются с данными, опубликованными Н.В. Шестопаловым и соавт. [28]⁴, согласно которым эффективная концентрация алкилдиметилбензиламмоний хлорида (АДБАХ) при обеззараживании поверхностей в отношении полиовируса составляет 0,5 % при экспозиции 30 минут. Поэтому

при проведении уборок в быту для достижения вирулицидного эффекта средств бытовой химии необходимо соблюдать соответствующее время экспозиции.

Закключение. В данной работе установлено наличие вирулицидной эффективности чистящих средств бытовой химии на основе гипохлорита натрия, кислот и КПАВ в виде гелей, спреев, растворов, приобретенных в пунктах розничной торговли и предназначенных для обработки различных поверхностей. Полученные результаты подтверждают возможность использования средств бытовой химии для прерывания эпидемической цепочки передачи вирусных инфекций в быту, но при соблюдении советующих режимов применения (концентрации средства и времени воздействия). Вместе с тем выявленное наличие существенного влияния вспомогательных компонентов рецептуры на вирулицидную эффективность средств бытовой химии требует дополнительного изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect.* 2020;104(3):246-251. doi: 10.1016/j.jhin.2020.01.022
2. Hashemi F, Hoepner L, Hamidinejad FS, et al. A comprehensive health effects assessment of the use of sanitizers and disinfectants during COVID-19 pandemic: A global survey. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2023;30(28):72368-72388. doi: 10.1007/s11356-023-27197-6
3. Akram MZ. Inanimate surfaces as potential source of 2019-nCoV spread and their disinfection with biocidal agents. *Virusdisease.* 2020;31(2):94-96. doi: 10.1007/s13337-020-00603-0
4. Singhal T. A review of coronavirus disease-2019 (COVID-19). *Indian J Pediatr.* 2020;87(4):281-286. doi: 10.1007/s12098-020-03263-6
5. Eggers M, Baumann A, Lilienthal N, et al. Disinfectants during the COVID-19 pandemic: A challenge. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.*

³ Федеральные клинические рекомендации по выбору химических средств дезинфекции и стерилизации для использования в медицинских организациях. Рассмотрены на Всероссийской научно-практической конференции специалистов по контролю инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, 19–21 ноября 2014 г. и утверждены на заседаниях Общего собрания членов НП «НАСКИ» (Протокол № 6 от 19.11.2014) и Профильной комиссии Минздрава России по эпидемиологии (Протокол № 4 от 20.11.2014).

⁴ Приложение «А» ГОСТ Р 59072-2020 «Средства дезинфицирующие. Суспензионный метод определения антимикробной активности».

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-76-82>
Original Research Article

- 2022;65(1):86-95. (In German.) doi: 10.1007/s00103-021-03457-z
6. Xiao S, Yuan Z, Huang Y. Disinfectants against SARS-CoV-2: A review. *Viruses*. 2022;14(8):1721. doi: 10.3390/v14081721
 7. Miyaoka Y, Yamaguchi M, Kadota C, et al. Rapid in vitro virucidal activity of slightly acidic hypochlorous acid water toward aerosolized coronavirus in simulated human-dispersed droplets. *Virus Res*. 2022;311:198701. doi: 10.1016/j.virusres.2022.198701
 8. WHO Guidelines: Infection Prevention and Control of Epidemic- and Pandemic-Prone Acute Respiratory Infections in Health Care. Geneva: World Health Organization; 2014. Accessed July 21, 2024. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf?sequence=1
 9. Hirose R, Bandou R, Ikegaya H, et al. Disinfectant effectiveness against SARS-CoV-2 and influenza viruses present on human skin: Model-based evaluation. *Clin Microbiol Infect*. 2021;27(7):1042.e1-1042.e4. doi: 10.1016/j.cmi.2021.04.009
 10. Fadaei A. Viral inactivation with emphasis on SARS-CoV-2 using physical and chemical disinfectants. *ScientificWorldJournal*. 2021;2021:9342748. doi: 10.1155/2021/9342748
 11. Ogilvie BH, Solis-Leal A, Lopez JB, Poole BD, Robison RA, Berges BK. Alcohol-free hand sanitizer and other quaternary ammonium disinfectants quickly and effectively inactivate SARS-CoV-2. *J Hosp Infect*. 2021;108:142-145. doi: 10.1016/j.jhin.2020.11.023
 12. Gerba CP. Quaternary ammonium biocides: Efficacy in application. *Appl Environ Microbiol*. 2015;81(2):464-469. doi: 10.1128/AEM.02633-14
 13. Patryk Tarka, Aneta Nitsch-Osuch. Evaluating the Virucidal Activity of Disinfectants According to European Union Standards. *Viruses*. 2021;13:534. doi: 10.3390/v13040534
 14. Deyab MA. Coronaviruses widespread on nonliving surfaces: Important questions and promising answers. *Z Naturforsch C J Biosci*. 2020;75(9-10):363-367. doi: 10.1515/znc-2020-0105
 15. Kubo M, Eda R, Maehana S, et al. Virucidal efficacy of hypochlorous acid water for aqueous phase and atomization against SARS-CoV-2. *J Water Health*. 2024;22(3):601-611. doi: 10.2166/wh.2024.348
 16. Khalil M, Iqbal M, Turan V, et al. Household chemicals and their impact. In: Hashmi MZ, Wang S, Ahmed Z, eds. *Environmental Micropollutants*. Elsevier; 2022;201-232. doi: 10.1016/B978-0-323-90555-8.00022-2
 17. Soave PM, Grassi S, Oliva A, et al. Household disinfectant exposure during the COVID-19 pandemic: A retrospective study of the data from an Italian poison control center. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2021;25(3):1738-1742. doi: 10.26355/eurrev_202102_24884
 18. Носикова Л.А., Кочетов А.Н. Гармонизация методов анализа дезинфицирующих средств на основе субстанций производных гуанидина и четвертичных аммониевых соединений // Пест-Менеджмент. 2021. № 3 (119). С. 22–37. doi: 10.25732/PM.2021.119.3.004. EDN SYGJXQ.
 - Nosikova LA, Kochetov AN. Harmonization of methods for the analysis of disinfectants based on substances of guanidine derivatives and quaternary ammonium compounds. *Pest Management*. 2021;(3(119)):22-37. (In Russ.) doi: 10.25732/PM.2021.119.3.004
 19. Zaki HMBA, Mohamed HMH, El-Sherif AMA. Improving the antimicrobial efficacy of organic acids against *Salmonella enterica* attached to chicken skin using SDS with acceptable sensory quality. *LWT-Food Sci Technol*. 2015;64(2):558-564. doi: 10.1016/j.lwt.2015.06.012
 20. Severing AL, Rembe JD, Koester V, Stuermer EK. Safety and efficacy profiles of different commercial sodium hypochlorite/hypochlorous acid solutions (NaClO/HClO): Antimicrobial efficacy, cytotoxic impact and physicochemical parameters in vitro. *J Antimicrob Chemother*. 2019;74(2):365-372. doi: 10.1093/jac/dky432
 21. Falk NA. Surfactants as antimicrobials: A brief overview of microbial interfacial chemistry and surfactant antimicrobial activity. *J Surfactants Deterg*. 2019;22(5):1119-1127. doi: 10.1002/jsde.12293
 22. Rutala WA, Barbee SL, Aguiar NC, Sobsey MD, Weber DJ. Antimicrobial activity of home disinfectants and natural products against potential human pathogens. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2000;21(1):33-38. doi: 10.1086/501694
 23. Kiesow A, Sarembe S, Pizze RL, Axe AS, Bradshaw DJ. Material compatibility and antimicrobial activity of consumer products commonly used to clean dentures. *J Prosthet Dent*. 2016;115(2):189-198.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.08.010
 24. Li L, Short FL, Hassan KA, et al. Systematic analyses identify modes of action of ten clinically relevant biocides and antibiotic antagonism in *Acinetobacter baumannii*. *Nat Microbiol*. 2023;8(11):1995-2005. doi: 10.1038/s41564-023-01474-z
 25. Nunez C, Bamert RS, Lambert K, Short FL. Cleaning up our disinfectants: Usage of antimicrobial biocides in direct-to-consumer products in Australia. *Access Microbiol*. 2024;6(2):000714.v3. doi: 10.1099/acmi.0.000714.v3
 26. Maillard JY. Resistance of bacteria to biocides. *Microbiol Spectr*. 2018;6(2):10.1128/microbiolspec.ARBA-0006-2017. doi: 10.1128/microbiolspec.ARBA-0006-2017
 27. Gadea R, Glibota N, Pérez Pulido R, Gálvez A, Ortega E. Adaptation to biocides cetrimide and chlorhexidine in bacteria from organic foods: Association with tolerance to other antimicrobials and physical stresses. *J Agric Food Chem*. 2017;65(8):1758-1770. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04650
 28. Шестопалов Н.В., Федорова Л.С., Скопин А.Ю. Анти-микробная активность и минимальные эффективные концентрации химических соединений, входящих в состав дезинфекционных средств // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 10. С. 1031–1036. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1031-1036. EDN RJKBLP. Shestopalov NV, Fedorova LS, Skopin AYU. Antimicrobial activity and minimum effective concentrations of chemical compounds found in disinfectants. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(10):1031-1036. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1031-1036

Сведения об авторах:

Воронцова Татьяна Васильевна – старший научный сотрудник отдела дезинфекции и стерилизации (с лабораторией микробиологии) Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: tvorontsova44@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8089-5674>.

✉ **Еремеева** Наталья Ивановна – к.б.н., заведующий отделом дезинфекции и стерилизации (с лабораторией микробиологии) Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, доцент кафедры эпидемиологии и дезинфектологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: eremeevani@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3637-2570>.

Истомина Людмила Иннокентьевна – младший научный сотрудник отдела химических исследований Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: li_istomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1440-3778>.

Новиков Вячеслав Алексеевич – младший научный сотрудник отдела дезинфекции и стерилизации (с лабораторией микробиологии) Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; e-mail: Slavno95@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8858-5872>.

Демина Юлия Викторовна – д.м.н., директор Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, заведующий кафедрой эпидемиологии и дезинфектологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: dyemina.yuv@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0538-1992>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Воронцова Т.В., Еремеева Н.И.*; сбор данных: *Воронцова Т.В., Новиков В.А., Истомина Л.И.*; анализ и интерпретация результатов: *Воронцова Т.В., Еремеева Н.И.*; литературный обзор: *Истомина Л.И.*; подготовка рукописи: *Истомина Л.И., Новиков В.А., Воронцова Т.В.*; редактирование: *Демина Ю.В., Еремеева Н.И.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: протокол исследования одобрен на заседании Локального этического комитета ФБУН ФНЦГ им. Ф.Ф.Эрисмана Роспотребнадзора № 2 от 19.04.2022.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 21.05.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

Tatyana V. **Vorontsova**, Senior Researcher, Department of Disinfection and Sterilization (with Microbiology Laboratory), Institute of Disinfectology, F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene; e-mail: tvorontsova44@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8089-5674>.

✉ Natalya I. **Eremeeva**, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Department of Disinfection and Sterilization (with Microbiology Laboratory), Institute of Disinfectology, F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene; Assistant Professor, Department of Epidemiology and Disinfectology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: eremeevani@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3637-2570>.

Ludmila I. **Istomina**, Junior Researcher, Chemical Research Department, Institute of Disinfectology, F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene; e-mail: li_istomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1440-3778>.

Vyacheslav A. **Novikov**, Junior Researcher, Department of Disinfection and Sterilization (with Microbiology Laboratory), Institute of Disinfectology, F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene; e-mail: Slavno95@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8858-5872>.

Yulia V. **Demina**, Dr. Sci. (Med.), Director, Institute of Disinfectology, F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene; Head of the Department of Epidemiology and Disinfectology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: dyemina.yuv@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0538-1992>.

Author contributions: study conception and design: *Vorontsova T.V., Eremeeva N.I.*; data collection: *Vorontsova T.V., Novikov V.A., Istomina L.I.*; analysis and interpretation of results: *Vorontsova T.V., Eremeeva N.I.*; bibliography compilation and referencing: *Istomina L.I.*; draft manuscript preparation: *Istomina L.I., Novikov V.A., Vorontsova T.V.*; editing: *Demina Yu.V., Eremeeva N.I.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study design was approved by the Ethics Committee of F.F. Erismann Federal Scientific Center of Hygiene (protocol No. 2 of April 19, 2022).

Funding: This research received no external funding.

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

Received: May 21, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024