



*ЗНисО*

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

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

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

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

Основан в 1993 г.

Established in 1993

# № 12

Том 31 · 2023

Vol. 31 · 2023

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

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

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

Москва • 2023

## Здоровье населения и среда обитания –

*ЗНЦО*

Рецензируемый  
научно-практический журнал  
Том 31 № 12 2023

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  
ПН № 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 ФЦГиЭ Роспотребнадзора,  
2023

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор А.Ю. Попова  
Д.м.н., проф., Заслуженный врач Российской Федерации; Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главный государственный санитарный врач Российской Федерации; заведующий кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- Заместитель главного редактора Р.К. Фридман  
К.м.н.; главный врач ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
- Заместитель главного редактора Г.М. Трухина (научный редактор)  
Д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; руководитель отдела микробиологических методов исследования окружающей среды института комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
- Ответственный секретарь Н.А. Горбачева  
К.м.н.; заместитель заведующего учебно-издательским отделом ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
- В.Г. Акимкин д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии 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 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. Балахов 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. Папанова РАН» (п. Борок, Ярославская обл., Российская Федерация)
- Э.И. Коренберг д.б.н., проф., акад. РАЕН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, заведующий лабораторией переносчиков инфекций ФГБУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- В.М. Корзун д.б.н.; старший научный сотрудник, заведующий зоолого-паразитологическим отделом ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)
- Е.А. Кузьмина к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
- В.В. Кутырев д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Мироб»» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)
- Н.А. Лебедева-Несевра д.социол.н., доц.; заведующий лабораторией методов анализа социальных рисков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)
- А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-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 ФГАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.В. Прокопенко д.м.н., проф.; заведующая лабораторией физических факторов отдела по изучению гигиенических проблем в медицине труда ФГБУН «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (г. Москва, Российская Федерация)
- И.К. Романович д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамазова» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- В.Ю. Семенов д.м.н., проф.; заместитель директора по организационно-методической работе Института коронарной и сосудистой хирургии им. В.И. Бураковского ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)
- С.А. Судьин д.социол.н., доц.; заведующий кафедрой общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- А.В. Суров д.б.н., членкор РАН; заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией сравнительной этиологии биокommunikации ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- В.А. Тутельян д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), эксперт ВОЗ по безопасности пищи (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.А. Хляп к.б.н.; старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (ИПЭЭ РАН) (г. Москва, Российская Федерация)
- В.П. Чашин д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- А.Б. Шевелев д.б.н.; главный научный сотрудник группы биотехнологии и геномного редактирования ИОГен РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- Д.А. Шпилев д.социол.н., доц.; профессор кафедры криминологии Нижегородской академии МВД России, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- М.Ю. Щелканов д.б.н., доц., директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, заведующий базовой кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности в Институте наук о жизни и биомедицины ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)
- В.О. Щепин д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, руководитель научного направления ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

#### МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

## Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО

Рецензируемый научно-практический журнал  
Том 31 № 12 2023

Выходит 12 раз в год  
Основа в 1993 г.

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

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

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

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

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

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

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

Опубликовано 29.12.2023  
Формат издания 60x84/8  
Печ. л. 12,5  
Тираж 1000 экз.  
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 7–98

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

© ФБУЗ ЦЦГиЭ Роспотребнадзора, 2023

Zdorov'e Naseleniya  
i Sreda Obitaniya –  
ZNISO

Public Health and Life  
Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed  
scientific and practical journal

Volume 31, Issue 12, 2023

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.e.ru>

© FBHI Federal Center for  
Hygiene and Epidemiology of  
Rospotrebnadzor, 2023

EDITORIAL BOARD

- Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief  
Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation
- Roman K. Fridman, 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 Polyomyelitis), Moscow, Russian Federation
- Sergey N. Kiselev Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation
- Oleg V. Klepikov Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of 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. Kutryev Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation
- Natalia A. Lebedeva-Nesevrya Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovskiy Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research 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.), Assoc. Prof.; Head of the Department of Medical Programs, Branch Office of RSE "Infrakos" of the Aerospace Committee, Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan, in Almaty, Almaty, Republic of Kazakhstan
Ksenia Bazhdarich	PhD, Senior Researcher, Medical Informatics Department, Faculty of Medicine, University of Rijeka, Rijeka, Croatia
Askhat T. Dosmukhametov	Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of International Cooperation, Management of Educational and Research Programs, Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring, National Center of Public Health Care of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan
Vasilij 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
Helmuth Hahn	MD, PhD, Professor, President of the R. Koch Medical Society, Berlin, Germany
Feng-Min Zhang	Dr. Sci. (Med.), Chairman of the Department of Microbiology, Director of the China-Russia Institute of Infection and Immunology, Harbin Medical University; Vice President of Heilongjiang Academy of Medical Sciences, Harbin, China

## Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

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

Russian monthly peer-reviewed  
scientific and practical journal

Volume 31, Issue 12, 2023

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](mailto:zniso@fcgie.ru).

Published: December 29, 2023  
Publication format: 60x84/8  
Printed sheets: 12.5  
Circulation: 1,000 copies  
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda  
Obitaniya. 2023;31(12):7–98.

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, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

**ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ**

Лакман И.А., Аскарлов Р.А., Тимирьянова В.М., Аскарлова З.Ф. Пространственное моделирование смертности трудоспособного населения Республики Башкортостан .....	7
Марченко Б.И., Нестерова О.А., Тарасенко К.С. Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз .....	17
Кириянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М., Бабина С.В., Кучуков А.И. Каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора .....	27

**КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА**

Зайцева Н.В., Клейн С.В., Андришунас А.М., Балашов С.Ю. Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения .....	37
--	----

**ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ**

Марцев А.А. Комплексный анализ первичной заболеваемости и оценка риска здоровью детей на региональном уровне .....	46
Радченко О.Р., Тафеева Е.А., Садыкова М.Р. Школьно-обусловленные факторы риска нарушений осанки и деформаций позвоночника у детей и подростков г. Казани .....	54
Шубочкина Е.И. Медико-социальные аспекты адаптации и профориентации детей и подростков с детским церебральным параличом в образовательных организациях (обзор литературы) .....	63

**ГИГИЕНА ПИТАНИЯ**

Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Мартинчик А.Н., Смирнова Е.А. Потребление молочных продуктов населением Российской Федерации: ретроспективный анализ .....	73
Шербак Г.Д., Бессонов В.В., Шахвалиева Э.С.-А. Анализ взаимосвязи наименований и качества различных групп пищевой продукции .....	82

**ОБМЕН ОПЫТОМ**

Красникова А.А., Самодурова Н.Ю., Шишкина В.В., Герасимова О.А., Самойленко Т.В., Есауленко Д.И., Горюшкина Е.С., Антакова Л.Н. Гигиенические и морфологические аспекты применения водного раствора молекулярного водорода в экспериментальной модели полиноза .....	91
--	----

**ЮБИЛЕИ**

К 100-летию юбилею Александры Степановны Анцуповой .....	99
К 75-летию юбилею Владимира Борисовича Гурвича .....	100

## CONTENTS

**ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH**

Lakman I.A., Askarov R.A., Timiryanova V.M., Askarova Z.F. Spatial modeling of mortality of the working-age population in the Republic of Bashkortostan .....	7
Marchenko B.I., Nesterova O.A., Tarasenko K.S. Malignant neoplasms in the industrial city: Epidemiology, current trends and forecast .....	17
Kiryaynov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Chigvintsev V.M., Babina S.V., Kuchukov A.I. Cascade model for assessing and predicting health losses prevented through control and supervisory activities of Rosspotrebnadzor .....	27

**COMMUNAL HYGIENE**

Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Andrishunas A.M., Balashov S.Yu. Comparative hygienic assessment of the composition of ash and dust fractions in ambient air of the area affected by emissions from a thermal power station: Improving the accuracy of human health risk assessment .....	37
--	----

**PEDIATRIC HYGIENE**

Martsev A.A. Comprehensive analysis of disease incidence and children's health risk assessment at the regional level .....	46
Radchenko O.R., Tafееva E.A., Sadykova M.R. School-related risk factors for posture disorders and spinal deformities in children and adolescents in Kazan .....	54
Shubochkina E.I. Medical and social aspects of adaptation and career guidance of children and adolescents with cerebral palsy in educational institutions: A literature review .....	63

**FOOD HYGIENE**

Keshabyants E.E., Denisova N.N., Martinchik A.N., Smirnova E.A. Consumption of dairy products in the Russian Federation: A retrospective analysis .....	73
Shcherbakov G.D., Bessonov V.V., Shakhvaliyeva E.S.-A. Analysis of the relationship between names and quality of various groups of food products .....	82

**EXPERIENCE SHARING**

Krasnikova A.A., Samodurova N.Yu., Shishkina V.V., Gerasimova O.A., Samoilenko T.V., Esaulenko D.I., Goryushkina Ye.S., Antakova L.N. Hygienic and morphological aspects of using the aqueous solution of molecular hydrogen in an experimental model of hay fever .....	91
--	----

**ANNIVERSARIES**

On the 100 <sup>th</sup> anniversary of Dr. Alexandra S. Antsupova .....	99
On the 75 <sup>th</sup> anniversary of Dr. Vladimir B. Gurvich .....	100



## Пространственное моделирование смертности трудоспособного населения Республики Башкортостан

И.А. Лакман<sup>1</sup>, Р.А. Аскарров<sup>2</sup>, В.М. Тимирьянова<sup>1</sup>, З.Ф. Аскаророва<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»,  
ул. Заки Валиди, д. 32, г. Уфа, 450076, Республика Башкортостан, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»,  
ул. Миклухо-Маклая, д. 23, г. Москва, 117997, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
ул. Ленина, д. 3, г. Уфа, 450008, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Сохраняющаяся высокая смертность населения в трудоспособном возрасте оказывает влияние как на производственный потенциал страны, так и на перспективы достижения цели увеличения ожидаемой продолжительности здоровой жизни, обозначенной нацпроектом «Демография» в частности. Вариация смертности населения проявляется не только в структурных различиях населения (пол, возраст и т. д.), она также формируется вследствие значительных различий региональных условий жизнедеятельности, что требует более внимательного изучения пространственных факторов ее роста.

**Цель исследования:** проведение пространственного анализа смертности трудоспособного населения и выделение факторов, ее определяющих, на основе данных по Республике Башкортостан.

**Материалы и методы.** Информационной основой исследования является сбалансированная панель показателей смертности населения и социально-экономических факторов, ее определяющих, по 74 объектам (54 района и 20 городов) и 19 временным интервалам (2002–2020 гг.), сформированная отдельно для мужчин и женщин. В качестве методов анализа использовались коэффициент пространственной автокорреляции Морана, пространственное панельное регрессионное моделирование. В качестве весовой матрицы пространственной связности территорий применялась матрица соседства.

**Результаты.** Статистический анализ данных показал, что для смертности трудоспособного населения, в том числе для мужчин и женщин, имеет место выраженная пространственная автокорреляция ( $p < 0,001$ ). Увеличение валового муниципального продукта на душу населения в определенном муниципальном образовании значимо ( $p < 0,001$ ) снижает уровень общей смертности как для мужчин, так и для женщин трудоспособного возраста. Значимым фактором, повышающим смертность населения, является рост общей криминогенности территории. Гендерные различия проявились во влиянии обеспеченности медицинскими ресурсами населения на смертность в трудоспособных возрастах: для женщин значимого влияния данного фактора не выявлено.

**Выводы.** Смертность населения имеет не локальную, а пространственно-зависимую природу.

**Ключевые слова:** смертность трудоспособного населения, модели пространственного лага, панельная регрессия.

**Для цитирования:** Лакман И.А., Аскарров Р.А., Тимирьянова В.М., Аскаророва З.Ф. Пространственное моделирование смертности трудоспособного населения Республики Башкортостан // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16

## Spatial Modeling of Mortality of the Working-Age Population in the Republic of Bashkortostan

Irina A. Lakman,<sup>1</sup> Rasul A. Askarov,<sup>2</sup> Venera M. Timiryanova,<sup>1</sup> Zagira F. Askarova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi Street, Ufa, 450076, Russian Federation

<sup>2</sup> Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting,  
23 Miklukho-Maklay Street, Moscow, 117997, Russian Federation

<sup>3</sup> Bashkir State Medical University, 3 Lenin Street, Ufa, 450008, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The persisting high mortality rate among working-age adults affects both the production potential of the country and the prospects for achieving the goal of increasing healthy life expectancy, as set by the National Demography Project. Variations in mortality are attributed not only to structural differences in the population (sex, age, etc.) but also to significant differences in regional living and working conditions, thus necessitating a more careful study of spatial factors of its growth.

**Objective:** To conduct a spatial analysis of mortality among the working-age population and to identify its determinants based on data for the Republic of Bashkortostan (RB).

**Materials and methods:** The information basis of the study is a balanced panel of mortality rates and their socio-economic determinants for 74 areas (54 districts and 20 cities) and 19 time spans (2002–2020), formed for men and women separately. The Moran's spatial autocorrelation coefficient and the spatial panel regression modeling were used for data analysis. The neighborhood matrix was used as a weight matrix of spatial connectivity of territories.

**Results:** Our findings showed a pronounced spatial autocorrelation ( $p < 0.001$ ) for mortality of the working-age population of both sexes. An increase in the gross municipal product per capita significantly ( $p < 0.001$ ) reduced the overall mortality rate in both men and women of working age while an increase in the local crime rate, on the opposite, significantly increased it. Sex-specific differences were established in the impact of availability of medical resources on working-age mortality: for women this factor was found to be insignificant.

**Conclusions:** The mortality of the working-age population has a non-local, but a spatially dependent nature.

**Keywords:** mortality of the working-age population, spatial lag models, panel regression.

**For citation:** Lakman IA, Askarov RA, Timiryanova VM, Askarova ZF. Spatial modeling of mortality of the working-age population in the Republic of Bashkortostan. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):7–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16

**Введение.** Одной из проблем современной России, тормозящих её развитие, является относительно высокая смертность населения в трудоспособном возрасте. И если женская смертность не критично отличается от показателей экономически развитых стран, то смертность среди мужчин трудоспособного возраста существенно превосходит аналогичные показатели [1, 2]. Многие специалисты отмечают, что депопуляция мужского населения в трудоспособных возрастах может стать угрозой для экономической и демографической безопасности страны [3]. При этом, по мнению ряда исследователей, за счет снижения смертности в трудоспособных возрастах можно добиться существенного увеличения ожидаемой продолжительности жизни населения и уменьшения гендерного разрыва в данном показателе [4, 5]. В связи с этим важной задачей является выделение факторов, оказывающих влияние на уровень смертности трудоспособного населения, в том числе раскрытие социально-экономических условий ее роста.

Регионы могут иметь различия в уровне смертности, а также в факторах и условиях, их определяющих [6, 7], но они не являются изолированными, а следовательно, при моделировании влияния социально-экономических факторов на смертность для получения надежных несмещенных оценок следует учитывать пространственную составляющую в данных процессах [8–12]. Для решения проблемы учета пространственной составляющей в распределении смертности ученые-демографы и эпидемиологи используют различные подходы. В обзорной статье [13] описываются статистические модели, позволяющие учесть пространственную зависимость в анализе смертности и анализе выживаемости и выявить пространственные кластеры, возникающие из-за общих экологических, демографических или культурных эффектов, характерных для соседних регионов. В работе [14] исследовалась пространственная структура основных причин смерти в Швейцарии в период с 2008 по 2012 год с использованием байесовских моделей условной авторегрессии (BCAR). Проведенный анализ показал статистическую значимость пространственной изменчивости основных причин смерти. Байесовские методы широко применяются для исследования пространственных взаимосвязей в распределении смертности. Так, в работе [15] для картирования показателей смертности и выявления географических различий авторы используют метод байесовских парных множественных сравнений. Авторы другого исследования [16], используя байесовскую модель условной авторегрессии, показали, что социальное неравенство положительно связано со смертностью, обосновав также, что пространственное моделирование дает более точные прогнозы, чем традиционные методы оценивания. Начиная с 2000-х годов широкое применение к оценке пространственной связности в показателях смертности и оценке влияния на нее различных факторов (экологических, демографических, социально-экономических и др.) получили модели авторегрессии пространственного лага. Так, в работе [17] выявляются факторы,

связанные с доходом населения и неравномерным его распределением, оказывающие влияние на смертность (как общую, так и преждевременную), с использованием моделей пространственного лага. Существует большое количество работ, посвященных выявлению пространственного влияния различных факторов как на общую смертность [10], так и на смертность по отдельным причинам (например, от болезней систем кровообращения [18], болезней органов дыхания [19, 20], рака [21], внешних причин [22] и др.). Существуют обобщающие исследования, в которых системно исследуются различия в пространственных закономерностях смертности от различных причин, например, для Молдовы в работе [23]. В России также проводились исследования, посвященные выявлению наличия пространственной связности общей смертности [24], в том числе по отдельным причинам [20, 25, 26].

**Целью исследования** является проведение пространственного анализа смертности трудоспособного населения и выделение факторов, ее определяющих, на основе данных по Республике Башкортостан (РБ).

**Материалы и методы.** Основой для исследования смертности трудоспособного населения послужили данные, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан, сгруппированные по 74 муниципальным образованиям (МО), в т. ч. 54 районам и 20 городам. Данные представляли собой показатели общей смертности и смертности мужчин и женщин в отдельности в трудоспособном возрасте (женщины – 16–54 лет, мужчины – 16–59 лет), собранные в виде сбалансированной панели по 74 объектам и 19 временным интервалам (2002–2020 гг.).

Для оценки пространственной связности в показателях смертности трудоспособного населения и выявления факторов социально-экономического развития, обуславливающих ее значимое изменение, использовали следующую схему исследования.

На первом этапе проводили формирование весовой матрицы пространственной связности территорий: 1, если между  $i$ -м и  $j$ -м муниципалитетами есть общая граница, 0 – если общей границы нет, для городских округов, по сути, являющимися анклавом внутри муниципалитетов, присваивали 1 для окружающего МО и для всех муниципалитетов, с ним граничащих.

На втором этапе тестировали гипотезы о наличии пространственной связности смертности за каждый год наблюдения. Для этого рассчитывали индекс пространственной автокорреляции Морана  $I_M$ , который затем тестировали на равенство нулю ( $H_0: I_M = 0$ ):

$$I_M = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (Mor_i - \bar{Mor})(Mor_j - \bar{Mor})}{\sum_i (Mor_i - \bar{Mor})^2},$$

где  $n$  – общее число муниципальных образований и городских округов в РБ,  $w_{ij}$  – элемент, весовой матрицы смежности,  $Mor_i$  и  $Mor_j$  – исследуемые уровни смертности в  $i$ -м и  $j$ -м муниципальном образовании, соответственно,  $\bar{Mor}$  – среднее значение уровня смертности по РБ.

С целью более глубокого понимания локальных проявлений пространственной зависимости были выделены локальные значения индекса Морана, позволяющие выделять пространственно связанные кластеры высоких и низких значений смертности:

1) High-high – территории с относительно высокими собственными значениями смертности, окруженные территориями также с относительно высокими значениями смертности;

2) Low-Low – территории с относительно низкими собственными значениями смертности населения, окруженные территориями также с относительно низкими значениями смертности.

На третьем этапе определяли наиболее подходящую спецификацию для моделирования смертности в трудоспособном возрасте. Для этого проводили тест Вулдриджа на ненаблюдаемые эффекты в модели, тест Вулдриджа для последовательной корреляции в моделях с фиксированными эффектами и тест Песарана на кросс-секционную зависимость. Также проводили тесты Балтаги – Сонга – Коха на наличие случайных и пространственных эффектов и LM-тесты на наличие пространственного лага зависимой переменной и пространственную зависимость ошибок [27, 28].

На четвертом этапе, исходя из результатов проведенного тестирования, осуществлялся выбор спецификации панельных пространственных моделей из следующих вариантов [27, 28]:

1) панельная модель с пространственной автокорреляцией (SAR):

$$Mor_{it} = \rho W Mor_{it} + X\beta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon;$$

2) панельная модель пространственной ошибки (SEM):

$$Mor_{it} = X\beta + \lambda Wu + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon;$$

3) панельная модель с пространственной автокорреляцией и пространственной ошибкой (SAC):

$$Mor_{it} = \rho W Mor_{it} + X\beta + \lambda Wu + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon,$$

где  $Mor_{it}$  – уровень смертности трудоспособного населения в  $i$ -м муниципалитете в  $t$ -й период времени,  $W = (w_{ij})$  – весовая матрица смежности  $i$ -го и  $j$ -го муниципалитетов,  $X$  – матрица факторов влияния,  $\alpha_i$ ,  $\gamma_t$  – панельные эффекты по объектам исследования и по периодам соответственно,  $\rho$  – коэффициент автокорреляции пространственного лага,  $\lambda$  – коэффициент пространственной ошибки,  $\beta$  – коэффициенты при регрессорах,  $\varepsilon$  – случайная компонента,  $i$  – индекс муниципальных образований ( $i = 1 \dots 74$ ),  $t$  – индекс периода времени ( $t = 2002 \dots 2019$ ).

Модель строилась по данным без учета 2020 г., в виду его специфичности на фоне пандемии COVID-19. Качество моделей мониторировалось по близости к единице  $Pseudo-R^2$ .

На пятом этапе исследования проводили анализ полученных результатов, интерпретировали результаты пространственного моделирования, в том числе панельных эффектов.

В качестве социально-экономических факторов, возможно обуславливающих изменение смертности трудоспособного населения, рассматривали: валовый муниципальный продукт, определенный

авторами самостоятельно согласно зарубежной методике «городского продукта» (метод А) [29]; отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала; обеспеченность большими койками на 10 000 населения; количество зарегистрированных преступлений на 10 000 человек населения и уровень зарегистрированной безработицы (%); плотность населения (человек/км<sup>2</sup>).

Все статистические расчеты проводились используя R Studio.

**Результаты.** За исследуемый период времени (2002–2020 гг.) изменение уровня общей смертности населения трудоспособного возраста сопоставимо с общероссийским: в динамике наблюдается снижение уровня смертности (у мужчин с 1031,0 до 780,6, у женщин – с 338,6 до 280,7 на 100 тыс. населения соответствующего возраста). В 2020 г. по сравнению с 2002 г. наблюдалось снижение общей смертности населения трудоспособного возраста во всех регионах республики. При сравнительном анализе среднемноголетних данных смертность в северном ( $791,4 \pm 13,7 \text{ ‰}$ ,  $p = 0,010$ ), в северо-восточном ( $742,2 \pm 11,2 \text{ ‰}$ ,  $p = 0,016$ ) регионах РБ превышает аналогичные в РФ ( $629,4 \pm 26,0 \text{ ‰}$ ) (в РБ –  $624,8 \pm 10,4 \text{ ‰}$ ).

С целью выявления пространственной зависимости отмеченных процессов изменения смертности трудоспособного населения были рассчитаны глобальные индексы пространственной автокорреляции Морана, и определен  $p$ -уровень их статистической значимости. В табл. 1 сведены соответствующие результаты пространственного автокорреляционного анализа, проведенного для общей смертности населения трудоспособного возраста, как в целом по населению республики, так и по полу.

Как видно из результатов проведенного анализа, все статистически значимые индексы пространственной автокорреляции положительны, что естественно для анализа уровня смертности и говорит о том, что территории пространственно связаны и имеют общие закономерности в процессах смертности трудоспособного населения. Примечательно, что пространственная связность территорий республики в показателях общей смертности трудоспособного населения наблюдалась в периоды 2002–2006, 2008–2010, 2012–2014 гг., в 2016 и 2018 гг. Причем для общей смертности трудоспособных мужчин периоды пространственной связности были такими же. Для женской общей смертности пространственная связность прослеживалась в периоды 2002–2014 и 2016–2018 гг. Следует отметить, что в 2019–2020 гг. пространственная автокорреляция не наблюдалась в показателях общей смертности.

Проведенные расчеты показывают, что в целом общая смертность населения трудоспособного возраста имеет выраженную пространственную зависимость. Визуализация локальных значений индекса Морана позволяет обнаружить концентрацию высоких значений показателя в восточных районах РБ и низких значений показателя в западных районах (см. рис. 1).

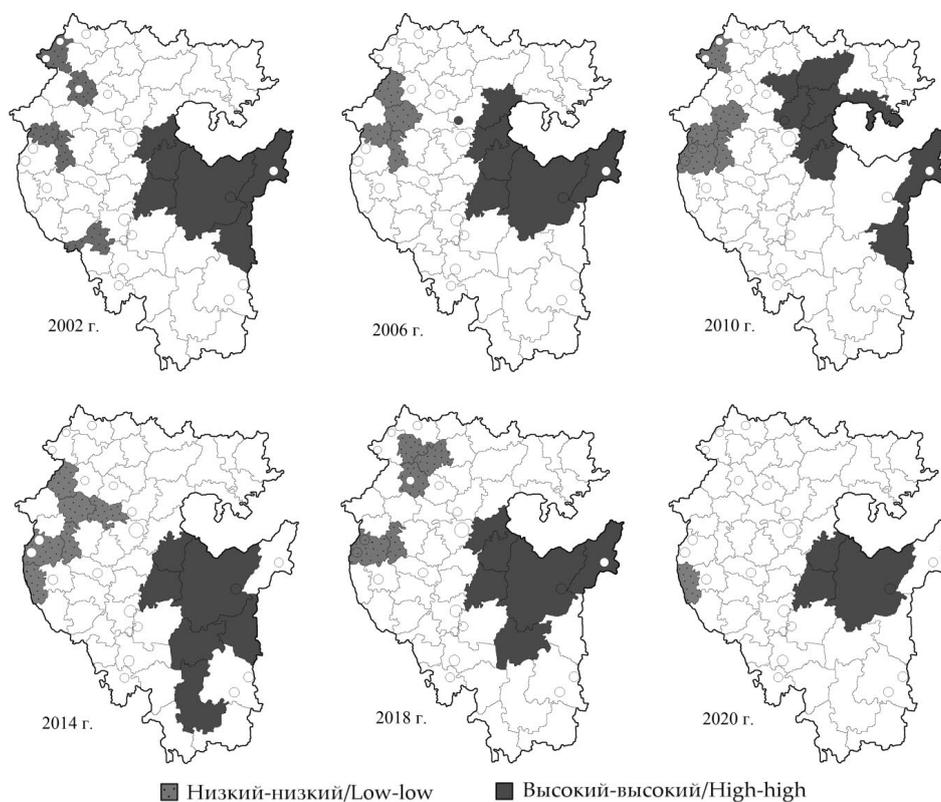
На рисунке более темным серым цветом обозначены центры территорий, характеризующихся

**Таблица 1. Глобальные индексы пространственной автокорреляции Морана для показателей общей смертности населения трудоспособного возраста (на 100 тысяч человек)**  
**Table 1. Global Moran's Index for mortality rates in the working-age population (per 100,000 people)**

Год / Year	Общая смертность / Total mortality		Смертность мужчин / Male mortality		Смертность женщин / Female mortality	
	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>
2002	0,223	< 0,001***	0,201	< 0,001***	0,098	0,027*
2003	0,259	< 0,001***	0,290	< 0,001***	0,131	0,006**
2004	0,163	0,001**	0,191	< 0,001***	0,133	0,006**
2005	0,205	< 0,001***	0,237	< 0,001***	0,101	0,025*
2006	0,154	0,002**	0,152	0,002**	0,095	0,031*
2007	0,055	0,116	0,047	0,144	0,119	0,010**
2008	0,121	0,010**	0,130	0,006**	0,132	0,006**
2009	0,127	0,008**	0,125	0,009**	0,182	< 0,001***
2010	0,144	0,003**	0,135	0,004**	0,097	0,027**
2011	0,046	0,149	0,031	0,219	0,142	0,003**
2012	0,171	0,001**	0,179	< 0,001***	0,083	0,050*
2013	0,160	0,001**	0,169	0,001**	0,086	0,042*
2014	0,125	0,009**	0,111	0,016*	0,127	0,007**
2015	-0,004	0,433	0,086	0,043*	0,054	0,121
2016	0,094	0,033*	0,096	0,030*	0,109	0,018*
2017	0,069	0,078	0,059	0,106	0,167	0,001**
2018	0,108	0,018*	0,117	0,012*	0,090	0,037*
2019	0,005	0,377	0,002	0,393	0,068	0,077
2020	-0,003	0,431	0,033	0,212	-0,059	0,779

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – статистическая значимость глобального индекса автокорреляции Морана при уровне значимости  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$  соответственно.

Note: \*, \*\*, \*\*\* statistical significance of the Moran's global autocorrelation index at  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ , and  $p < 0.001$ , respectively



**Рис. 1. Локальные значения индекса Морана для общей смертности населения трудоспособного возраста (на 100 тысяч человек)**

**Fig. 1. Local Moran's indexes for the total mortality of the working-age population (per 100,000 people)**

высоким значением общей смертности, расположенные рядом с другими территориями, имеющими также относительно высокие значения показателя (High-high). Более светлым серым цветом выделены центры территорий, характеризующихся низким значением общей смертности, расположенные рядом с другими территориями, имеющими относительно низкие значения показателя (Low-low).

Проведенные расчеты показывают, что такая территориальная особенность, проявляющаяся в более низкой общей смертности на западе и более высокой общей смертности на востоке, прослеживается на протяжении всего рассматриваемого периода (даже в периоды, когда глобальная оценка индекса Морана статистически не значима), т. е. она неслучайна.

В табл. 2 сведены результаты всех проведенных предварительно статистических тестов, позволяющих определить с корректной спецификацией пространственных моделей общей смертности населения в трудоспособном возрасте, в том числе в отдельности для мужчин и женщин. Анализ результатов тестов показал, что для моделирования общей смертности трудоспособного населения оптимальными спецификациями моделей являются: для общей смертности – модель SAC с фиксированными эффектами по периодам и объектам наблюдения, для смертности мужчин – модель SAC с фиксированными эффектами по объектам наблюдения, для смертности женщин – модель SEM с фиксированными эффектами по периодам и объектам наблюдения. Анализ результатов тестов показал, что для моделей значимы и пространственный лаг, и пространственная ошибка. Поэтому последующий выбор моделей опирался на максимальную оценку Pseudo-R<sup>2</sup> отдельно для мужчин и женщин.

В табл. 3 отражены результаты мультифакторного регрессионного пространственного панельного моделирования в соответствии с отобранными спецификациями. Методом последовательно исключения объясняющих факторов, коэффициент при которых не отличался от нуля ( $p > 0,05$ ), в модели были оставлены только те факторы, которые оказывают статистически значимое влияние.

В табл. 3 приводятся значения коэффициентов при регрессорах, их стандартная ошибка и  $p$ -уровень отклонения нулевой гипотезы о равенстве нулю соответствующего коэффициента. Метрики «объясняющей» способности пространственных моделей более 55 % (псевдо R<sup>2</sup> – 0,556–0,676), при этом при построении панельных моделей без учета «пространственной составляющей» R<sup>2</sup> не достигал значения 0,1. Как видно, для смертности населения мужчин и женщин характерно различное влияние рассматриваемых факторов. В пространственной модели для женщин пространственный лаг не значим при сохранении значимости пространственной ошибки, что указывает на то, что присутствует фактор, характерный для соседних территорий, оказывающий влияние на смертность.

**Обсуждение.** Проведенный пространственный панельный регрессионный анализ смертности трудоспособного населения показал целесообразность учета в модели пространственной автокорреляции: статистически значимы коэффициенты при пространственном лаге (для общей смертности и смертности мужчин при  $p < 0,001$ ) и пространственной ошибке (для общей смертности и смертности мужчин при  $p < 0,001$ , для смертности женщин при  $p < 0,05$ ). Полученные выводы согласуются с проводимыми в мире исследованиями, указывающими на то, что применение обычной регрессионной модели приводит к нарушению предположения о независимости

**Таблица 2. Результаты статистических тестов на спецификацию пространственной панельной регрессионной модели для смертности населения в трудоспособном возрасте**

**Table 2. The results of statistical tests for the specification of a spatial panel regression model for the working-age population mortality**

Название теста / Test	Общая смертность / Total mortality	Смертность мужчин / Male mortality	Смертность женщин / Female mortality
Тест Вулдриджа на ненаблюдаемые эффекты / Wooldridge's test for unobserved individual effects	$Z = 2,34; p = 0,019$	$Z = 2,494; p = 0,013$	$Z = 2,2; p = 0,027$
Тест Вулдриджа для последовательной корреляции в моделях с фиксированными эффектами / Wooldridge's test for serial correlation in FE panels	$F_{(1, 1312)} = 3,2; p = 0,072$	$F_{(1, 1312)} = 1,2; p = 0,265$	$F = 0,2; p = 0,633$
Тест Песарана на кросс-секционную зависимость / Pesaran CD test for cross-sectional dependence in panels	$Z = 53,2; p < 0,001$	$Z = 52,98; p < 0,001$	$Z = 41,7; p < 0,001$
Тест Балтаги – Сонга – Коха / Baltagi, Song and Koh LM-H one-sided joint test	$LM-H = 2769; p < 0,001$	$LM-H = 2718,4; p < 0,001$	$LM-H = 1777,1; p < 0,001$
	Присутствуют случайные региональные эффекты и/или пространственная автокорреляция / Random regional effects and/or spatial autocorrelation are present		
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект / Baltagi, Song and Koh SLM1 marginal test	$LM_1 = 51; p < 0,001$	$LM_1 = 50,1; p < 0,001$	$LM_1 = 40,9; p < 0,001$
	Присутствуют случайные эффекты / Random effects are present		
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект / Baltagi, Song and Koh LM2 marginal test	$LM_2 = 15; p < 0,001$	$LM_2 = 14,4; p < 0,001$	$LM_2 = 10,2; p < 0,001$
	Присутствует пространственная автокорреляция / Spatial autocorrelation is present		
LM-тест на наличие пространственного лага зависимой переменной / LM test for spatial lag dependence	$LM = 51; p < 0,001$	$LM = 34,9; p < 0,001$	$LM = 43,8; p < 0,001$
	Пространственный лаг значим / The spatial lag is significant		
LM-тест на пространственную зависимость ошибок / LM test for spatial error dependence	$LM = 215; p < 0,001$	$LM = 208,5; p < 0,001$	$LM = 104,2; p < 0,001$
	Пространственная ошибка значима / The spatial error is significant		

членов ошибок, так как в них есть пространственная автокорреляция, и, соответственно, целесообразности применения пространственной авторегрессионной модели [22]. При этом, как и в других исследованиях, мы отмечаем разное временное и пространственное распределение показателей смертности мужчин и женщин [30, 31].

В результате моделирования выявлено, что увеличение валового муниципального продукта на душу населения в определенном муниципальном образовании значимо ( $p < 0,001$ ) снижает уровень общей смертности как для мужчин, так и женщин трудоспособного возраста, причем для мужского населения этот эффект существенней. Полученный вывод во многом согласуется с исследованиями, проводимыми в мире. Так, в работе Lorant V. и соавт. с использованием моделей пространственной авторегрессии еще в 2001 году было показано, что преждевременная смертность взрослого населения значимо зависит от среднедушевого дохода [17]. Похожие выводы были получены и в более поздних работах. Diez R.A.V. и соавт. (2007 г.) показали, что социально-экономическое неблагополучие во многом обуславливает смертность среди взрослого городского населения, причем эта обусловленность имеет пространственную зависимость [32], Alshaabi T. и соавт. (2021 г.) подтвердили гипотезу о том, что пространственные ассоциации богатства или социальной депривации между соседями оказывают прямое, а иногда и существенное влияние на риски смертности [12], Yang Y. и соавт. (2022 г.) вывели, что социально-экономический статус сообщества, оцениваемый через ВВП на душу населения, в значительной степени связан с его смертностью [31], Wang S. и Ren Z. (2019 г.) показали что общая смертность определяется комплексом показателей благосостояния, таких как общие инвестиции в основной капитал, доходы и расходы местного бюджета, располагаемый доход на душу населения,

в то время как младенческая смертность – ВВП на душу населения, доходы и расходы местного бюджета [33]. Связь доходов населения и смертности отмечается и в ряде отечественных работ, в том числе для общей смертности (без учета пространственной компоненты) [2, 34] и по видам причин [20, 25].

Модель показала, что рост обеспеченности медицинскими ресурсами в муниципалитетах (отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала и обеспеченность больничными койками в расчете на 10 000 человек населения) значимо снижают смертность мужчин трудоспособного возраста ( $p < 0,001$ ). Это лишний раз доказывает необходимость развития таких федеральных программ, как, например, «Земский доктор». Рост числа больничных коек в муниципалитетах позволяет значимо снизить общую смертность трудоспособного населения ( $p < 0,1$ ). Такая значимость ресурсного обеспечения отмечалась и ранее. В частности, Sun Y. и соавт. (2021 г.) выявили что высокие уровни смертности как от связанной с COVID-19, так и от не связанной с ней болезни наблюдаются в районах с более низким уровнем доступа к больнице [35], Берендеевой А.Б. и Сизовой О.В. (2020) показано значимое влияние на уровень смертности населения численности врачей всех специальностей на 10 000 чел. населения в отдельных регионах [2]. Важность соотношения различных видов ресурсов здравоохранения, в частности в ряде случаев определяющая разнонаправленное влияние обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом, рассмотрена в работе [20].

Одним из факторов, значительно увеличивающим рост смертности трудоспособного населения, причем как мужчин, так и женщин, является численность зарегистрированных преступлений (на 10 000 человек населения). Во многом это объясняется тем, что

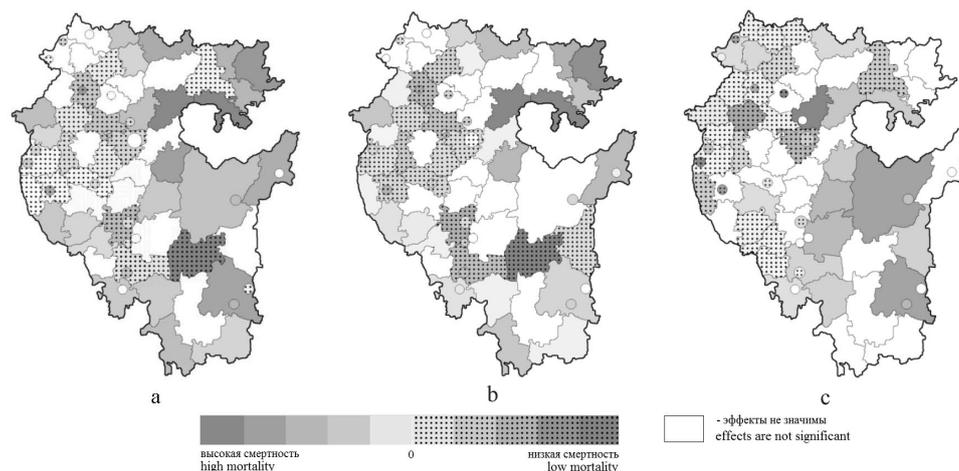
**Таблица 3. Результаты пространственного панельного моделирования смертности трудоспособного населения (коэффициент  $\pm$  стандартная ошибка,  $p$ -уровень)**

**Table 3. Results of the spatial panel modeling of mortality in the working-age population (rate  $\pm$  standard error,  $p$ )**

Регрессоры / Regressors	Общая смертность / Total mortality	Смертность мужчин / Male mortality	Смертность женщин / Female mortality
Свободный член / Constant		326,66 $\pm$ 42,8***, $p < 0,001$	303,53 $\pm$ 18,25***, $p < 0,001$
ВМП / Gross municipal product	-0,0001 $\pm$ 0,00002***, $p < 0,001$	-0,00009 $\pm$ 0,00002***, $p < 0,001$	-0,00007 $\pm$ 0,00002***, $p = 0,001$
Отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала / The ratio of doctors to nurses	–	-2,9485 $\pm$ 0,9878**, $p = 0,0028$	–
Обеспеченность больничными койками (на 10 000 населения) / Availability of hospital beds (per 10,000 population)	-0,4894 $\pm$ 0,26962*, $p = 0,0695$	-0,9587 $\pm$ 0,2866***, $p < 0,001$	–
Зарегистрировано преступлений (на 10 000 человек населения) / Crime rate (per 10,000 population)	0,3684 $\pm$ 0,08974***, $p < 0,001$	0,2734 $\pm$ 0,0842**, $p = 0,0012$	0,1725 $\pm$ 0,0725*, $p = 0,0179$
Уровень зарегистрированной безработицы / Unemployment rate	–	–	–
Плотность населения / Population density	–	–	–
Пространственный лаг / Spatial lag, $\rho$	0,0616 $\pm$ 0,0105***, $p < 0,001$	0,0895 $\pm$ 0,0053***, $p < 0,001$	–
Пространственная ошибка / Spatial error, $\lambda$	-0,0871 $\pm$ 0,0181***, $p < 0,001$	-0,0851 $\pm$ 0,0139***, $p < 0,001$	-0,0172 $\pm$ 0,0078*, $p = 0,0278$
Псевдо $R^2$ / Pseudo $R^2$	0,677	0,652	0,556

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – коэффициенты статистически значимо отличаются от нуля при  $p < 0,1$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$  соответственно.

Notes: \*, \*\*, \*\*\* statistical significance of the Moran's global autocorrelation index at  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ , and  $p < 0.001$ , respectively.



**Рис. 2.** Фиксированные эффекты: общая смертность для обоих полов (а), смертность среди мужчин (б), среди женщин (с)

**Fig. 2.** Fixed effects: (a) total mortality, both sexes; mortality in (b) men and (c) women

одной из ведущих причин смерти трудоспособного населения (особенно у мужчин) являются травмы и другие внешние причины, напрямую связанные с уровнем преступности. Усиливает негативное влияние отмечаемая в исследованиях связь преступности и алкогольного опьянения [2]. Кроме того, есть исследование [36], в котором показано, что у людей, совершающих правонарушения, значимо выше риск умереть в трудоспособном возрасте.

В модели для оценки смертности трудоспособного населения показатели безработицы и плотности населения не являлись статистически значимыми при  $p < 0,1$ . Проводимые исследования показывают, что влияние этих факторов на уровень смертности варьируется по регионам стран, видам причин и не является стабильным [2, 10, 20, 30, 34]. Принятие решения о включении данных факторов в модель было основано на анализе существующих источников: фактор безработицы и фактор сниженной плотности населения косвенно являются признаками территорий, имеющих тенденцию к обезлюдению, как правило, с высокой смертностью. Но при построении пространственных моделей данные признаки не являлись статистически значимыми для Республики Башкортостан.

Отдельное внимание было уделено анализу фиксированных эффектов (см. рис. 2). Так, положительные статистически значимые значения эффектов наблюдались для Архангельского, Аскинского, Баймакского, Бакалинского, Белокатайского, Бижбулякского, Благовещенского, Гафурийского, Зианчуринского, Кигинского, Кугарчинского, Куюргазинского, Мечетлинского, Нуримановского, Хайбуллинского, Салаватского, Татышлинского, Учалинского районов и городов Баймака и Белорецка. Практически все из перечисленных районов и городов Республики относятся к депрессивным территориям, для которых характерна в том числе высокая смертность трудоспособного населения.

Статистически значимые отрицательные значения эффектов наблюдались для Буздякского, Бураевского, Бурзянского, Дюртюлинского, Кушнаренковского, Мелеузовского, Стерлитамакского Уфимского

Чекмагушевского, Чишминского районов и городов Нефтекамска, Октябрьского, Стерлитамака и Белебея. Все из перечисленных районов и городов (за исключением Бурзянского) являются территориями с высоким уровнем социально-экономического развития и с относительно благополучной экологической ситуацией, в Бурзянском же районе сложилась благоприятная экологическая ситуация в Башкортостане. Таким образом, для этих территорий характерно снижение показателей смертности от всех причин трудоспособного населения.

**Заключение.** Многие процессы и явления пространственно обусловлены, что определяет включение пространственного лага в модели, описывающие их. Проведенный пространственный анализ на данных РБ за период 2002–2020 гг. доказывает, что пространственная зависимость характерна и для показателей смертности трудоспособного населения, в том числе с учетом разделения по полу, что согласуется с исследованиями, проводимыми на основе данных других стран. Факторами, обуславливающими изменение смертности, являются благосостояние населения, обеспеченность медицинскими ресурсами и криминогенность территорий. Полученные результаты указывают на то, что более низкая общая смертность на западе и более высокая общая смертность на востоке Республики Башкортостан неслучайна и прослеживается на протяжении всего рассматриваемого периода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчакова Т.Ю., Чуранова А.Н. Современное состояние смертности населения трудоспособного возраста в России и странах Европы // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 11. С. 756–759. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-756-759
2. Берендеева А.Б., Сизова О.В. Анализ факторов смертности населения в трудоспособном возрасте в регионах Российской Федерации методом моделирования // Теоретическая экономика. 2020. № 4 (64). С. 11–24.
3. Башкирева А.С. Демографические и профессиональные риски депопуляции работающего населения в России (аналитический обзор) // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23. № 1. С. 30–39.

4. Иванова А.Е. Прогноз смертности в России исходя из контроля за основными социальными детерминантами // Социальные аспекты здоровья населения. 2020. Т. 66. № 6. doi: 10.21045/2071-5021-2020-66-6-6
5. Иванова А.Е., Плетнева Ю.Э., Сивоплясова С.Ю. и др. Возможен ли естественный прирост населения России в ближайшие 10 лет? // Экономика. Налоги. Право. 2021. Т. 14. № 2. С. 32–43. doi: 10.26794/1999-849X-2021-14-2-32-43
6. Короленко А.В. Смертность населения регионов России в текущем десятилетии: тенденции, структура и дифференциация показателей // Социальное пространство. 2020. Т. 6. № 3. doi: 10.15838/sa.2020.3.25.7
7. Драпкина О.М., Самородская И.В., Явелов И.С. и др. Региональные различия показателей смертности от кардиологических причин в России: роль особенностей статистического учета // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20. № 7. С. 163–171. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2928
8. Шартова Н.В., Крайнов В.Н., Малхазова С.М., Тикун В.С. Пространственный анализ смертности городского населения // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. Т. 5. С. 45–51.
9. Spijker J, Recaño J, Martínez S, Carioli A. Mortality by cause of death in Colombia: A local analysis using spatial econometrics. *J Geogr Syst.* 2021;23:161–207. doi: 10.1007/s10109-020-00335-1
10. Cupido K, Fotheringham AS, Jevtic P. Local modelling of U.S. mortality rates: A multiscale geographically weighted regression approach. *Popul Space Place.* 2021;27(1):e2379. doi: 10.1002/psp.2379
11. Weng SS, Chan TC, Hsu PY, Niu SF. Neighbourhood social determinants of health and geographical inequalities in premature mortality in Taiwan: A spatiotemporal approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(13):7091. doi: 10.3390/ijerph18137091
12. Alshaabi T, Dewhurst DR, Bagrow JP, Dodds PS, Danforth CM. The sociospatial factors of death: Analyzing effects of geospatially-distributed variables in a Bayesian mortality model for Hong Kong. *PLoS ONE.* 2021;16(3):e0247795. doi: 10.1371/journal.pone.0247795
13. Banerjee S. Spatial data analysis. *Annu Rev Public Health.* 2016;37:47–60. doi: 10.1146/annurev-publhealth-032315-021711
14. Chammartin F, Probst-Hensch N, Utzinger J, Vounatsou P. Mortality atlas of the main causes of death in Switzerland, 2008–2012. *Swiss Med Wkly.* 2016;146:w14280. doi: 10.4414/smw.2016.14280
15. Gao L, Banerjee S, Ritz B. Spatial difference boundary detection for multiple outcomes using Bayesian disease mapping. *Biostatistics.* 2023;24(4):922–944. doi: 10.1093/biostatistics/kxac013
16. Yang TC, Jensen L. Exploring the inequality–mortality relationship in the US with Bayesian spatial modeling. *Popul Res Policy Rev.* 2015;34(3):437–460. doi: 10.1007/s11113-014-9350-9
17. Lorant V, Thomas I, Delière D, Tonglet R. Deprivation and mortality: The implications of spatial autocorrelation for health resources allocation. *Soc Sci Med.* 2001;53(12):1711–1719. doi: 10.1016/s0277-9536(00)00456-1
18. Baptista EA, Queiroz BL. Spatial analysis of cardiovascular mortality and associated factors around the world. *BMC Public Health.* 2022;22(1):1556. doi: 10.1186/s12889-022-13955-7
19. Cao Q, Liang Y, Niu X. China's air quality and respiratory disease mortality based on the spatial panel model. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(9):1081. doi: 10.3390/ijerph14091081
20. Тимирьянова В.М., Аскарлов Р.А., Лакман И.А., Аскарова З.Ф. Пространственные факторы смертности населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан // Экология человека. 2023. Т. 30. № 7. С. 523–537. doi: 10.17816/humeco456492
21. Bermudi PMM, Pellini ACG, Salinas-Rebolledo EA, et al. Spatial pattern of mortality from breast and cervical cancer in the city of São Paulo. *Rev Saude Publica.* 2020;54:142. doi: 10.11606/s1518-8787.2020054002447
22. Balint L, Dome P, Daroczi G, Gonda X, Rihmer Z. Investigation of the marked and long-standing spatial inhomogeneity of the Hungarian suicide rate: A spatial regression approach. *J Affect Disord.* 2014;155:180–185. doi: 10.1016/j.jad.2013.10.047
23. Penina O. Spatial disparities in mortality by causes of death in the Republic of Moldova. *Moldovan Medical Journal.* 2021;64(4):55–61. doi: 10.52418/moldovan-med-j.64-4.21.10
24. Иноземцев Е.С., Кочетыгова О.В. Пространственный анализ рождаемости и продолжительности жизни в России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2018. Т. 18. № 3. С. 314–321. doi: 10.18500/1994-2540-2018-18-3-314-321
25. Аскарлов Р.А., Лакман И.А., Аскарова З.Ф., Агапитов А.А. Медико-социальные факторы и их пространственное влияние на смертность населения от болезней системы кровообращения (на примере Республики Башкортостан) // Российский кардиологический журнал. 2017. № 6. С. 146–151. doi: 10.15829/1560-4071-2017-6-146-151
26. Егорова Н.Н., Франц М.В. Смертность от новообразований в Республике Башкортостан: пространственный анализ // Демографические чтения. Вызовы и тенденции демографического развития России и ее регионов. 2020. С. 88–90.
27. Bivand R, Millo G, Piras G. A review of software for spatial econometrics in R. *Mathematics.* 2021;9(11):1276. doi: 10.3390/math9111276
28. Croissant Y, Millo G, eds. *Panel Data Econometrics with R.* EU, USA: John Wiley & Sons, Ltd; 2019. doi: 10.1002/9781119504641
29. UN-HABITAT Urban Indicators Guidelines: 'Better Information, Better Cities' Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals – Slums Target. Technical Report. United Nations Human Settlements Programme; 2009. Accessed December 11, 2023. <https://unhabitat.org/urban-indicators-guidelines-monitoring-the-habitat-agenda-and-the-millennium-development-goals/>
30. Cai Z, Chen M, Ye P, Yip PSF. Socio-economic determinants of suicide rates in transforming China: A spatial-temporal analysis from 1990 to 2015. *Lancet Reg Health West Pac.* 2021;19:100341. doi: 10.1016/j.lanwpc.2021.100341
31. Yang Y, Shang HL, Cohen JE. Temporal and spatial Taylor's law: Application to Japanese subnational mortality rates. *J R Stat Soc Ser A Stat Soc.* 2022;185(4):1979–2006. doi: 10.1111/rssa.12859
32. Diez Roux AV, Green Franklin T, Alazraqui M, Spinelli H. Intraurban variations in adult mortality in a large Latin American city. *J Urban Health.* 2007;84(3):319–333. doi: 10.1007/s11524-007-9159-5
33. Wang S, Ren Z. Spatial variations and macroeconomic determinants of life expectancy and mortality rate in China: A county-level study based on spatial analysis models. *Int J Public Health.* 2019;64(5):773–783. doi: 10.1007/s00038-019-01251-y
34. Сизова О.В., Берендеева А.Б., Рычихина Н.С. Использование метода моделирования в анализе факторов смертности трудоспособного населения в регионах

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16>  
Original Research Article

- России // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 2 (62). С. 62–73.
35. Sun Y, Hu X, Xie J. Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England. *Sci Total Environ*. 2021;758:143595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143595
36. Stenbacka M, Jansson B. Unintentional injury mortality – The role of criminal offending. A Swedish longitudinal population based study. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2014;21(2):127-135. doi: 10.1080/17457300.2013.792281

## REFERENCES

- Gorchakova TYu, Churanova AN. Current state of mortality of the working-age population in Russia and Europe. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(11):756-759. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-756-759
- Berendeeva AB, Sizova OV. Analysis of factors of mortality of population in the labor age in the regions of the Russian Federation by the model of modeling. *Teoreticheskaya Ekonomika*. 2020;(4(64)):11-24. (In Russ.)
- Bashkireva AS. The demographic and professional risks of depopulation of the Russian labor forces (analytical review). *Uspekhi Gerontologii*. 2010;23(1):30-39. (In Russ.)
- Ivanova AE. Mortality forecast in Russia based on monitoring major social determinants. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2020;66(6):6. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2020-66-6-6
- Ivanova AE, Pletneva JuE, Sivoplasova SYu, Sigareva EP, Arkhangelskiy VN. Is natural population growth in Russia possible in the next 10 years? *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2021;14(2):32-43. (In Russ.) doi: 10.26794/1999-849x-2021-14-2-32-43
- Korolenko AV. Mortality in Russian regions in the current decade: Trends, structure, and differentiation of indicators. *Sotsial'noe Prostranstvo*. 2020;6(3):7. (In Russ.) doi: 10.15838/sa.2020.3.25.7
- Drapkina OM, Samorodskaya IV, Yavelov IS, Kashtalov VV, Barbarash OL. Regional differences in cardiac mortality rates in Russia: The role of statistical features. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(7):163-171. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2928>
- Shartova NV, Krainov VN, Malkhazova SM, Tikunov VS. Spatial analysis of urban mortality. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2020;(5):45-51. (In Russ.)
- Spijker J, Recaño J, Martínez S, Carioli A. Mortality by cause of death in Colombia: A local analysis using spatial econometrics. *J Geogr Syst*. 2021;23:161–207. doi: 10.1007/s10109-020-00335-1
- Cupido K, Fotheringham AS, Jevtic P. Local modelling of U.S. mortality rates: A multiscale geographically weighted regression approach. *Popul Space Place*. 2021;27(1):e2379. doi: 10.1002/psp.2379
- Weng SS, Chan TC, Hsu PY, Niu SF. Neighbourhood social determinants of health and geographical inequalities in premature mortality in Taiwan: A spatiotemporal approach. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13):7091. doi: 10.3390/ijerph18137091
- Alshaabi T, Dewhurst DR, Bagrow JP, Dodds PS, Danforth CM. The sociospatial factors of death: Analyzing effects of geospatially-distributed variables in a Bayesian mortality model for Hong Kong. *PLoS ONE*. 2021;16(3):e0247795. doi: 10.1371/journal.pone.0247795
- Banerjee S. Spatial data analysis. *Annu Rev Public Health*. 2016;37:47-60. doi: 10.1146/annurev-publhealth-032315-021711
- Chammartin F, Probst-Hensch N, Utzinger J, Vounatsou P. Mortality atlas of the main causes of death in Switzerland, 2008–2012. *Swiss Med Wkly*. 2016;146:w14280. doi: 10.4414/smw.2016.14280
- Gao L, Banerjee S, Ritz B. Spatial difference boundary detection for multiple outcomes using Bayesian disease mapping. *Biostatistics*. 2023;24(4):922-944. doi: 10.1093/biostatistics/kxac013
- Yang TC, Jensen L. Exploring the inequality–mortality relationship in the US with Bayesian spatial modeling. *Popul Res Policy Rev*. 2015;34(3):437-460. doi: 10.1007/s11113-014-9350-9
- Lorant V, Thomas I, Delière D, Tonglet R. Deprivation and mortality: The implications of spatial autocorrelation for health resources allocation. *Soc Sci Med*. 2001;53(12):1711-1719. doi: 10.1016/s0277-9536(00)00456-1
- Baptista EA, Queiroz BL. Spatial analysis of cardiovascular mortality and associated factors around the world. *BMC Public Health*. 2022;22(1):1556. doi: 10.1186/s12889-022-13955-7
- Cao Q, Liang Y, Niu X. China's air quality and respiratory disease mortality based on the spatial panel model. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(9):1081. doi: 10.3390/ijerph14091081
- Timiryanova VM, Askarov RA, Lakman IA, Askarova ZF. Spatial effects of mortality among the able-bodied population in the Republic of Bashkortostan. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(7):523-537. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco456492
- Bermudi PMM, Pellini ACG, Salinas-Rebolledo EA, et al. Spatial pattern of mortality from breast and cervical cancer in the city of São Paulo. *Rev Saude Publica*. 2020;54:142. doi: 10.11606/s1518-8787.2020054002447
- Balint L, Dome P, Daroczi G, Gonda X, Rihmer Z. Investigation of the marked and long-standing spatial inhomogeneity of the Hungarian suicide rate: A spatial regression approach. *J Affect Disord*. 2014;155:180-185. doi: 10.1016/j.jad.2013.10.047
- Penina O. Spatial disparities in mortality by causes of death in the Republic of Moldova. *Moldovan Medical Journal*. 2021;64(4):55–61. doi: 10.52418/moldovan-med-j.64-4.21.10
- Inozemcev ES, Kochetygova OV. Spatial panel analysis of fertility and life expectancy in Russia. *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya Seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo*. 2018;18(3):314–321. (In Russ.) doi: 10.18500/1994-2540-2018-18-3-314-321
- Askarov RA, Lakman IA, Askarova ZF, Agapitov AA. Medical and social factors spatial influence on cardiovascular mortality (by an example of Bashkortostan Republic). *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal*. 2017;22(6):146-151. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2017-6-146-151
- Egorova NN, Frants MV. Cancer mortality rate in the Republic of Bashkortostan: Spatial modeling. In: *Demographic Readings. Challenges and Trends of the Demographic Development of Russia and Its Regions: Collection of Articles*. Ufa: "Bashkir Encyclopedia" Publ.; 2020:88-91. (In Russ.)
- Bivand R, Mollo G, Piras G. A review of software for spatial econometrics in R. *Mathematics*. 2021;9(11):1276. doi: 10.3390/math9111276
- Croissant Y, Mollo G, eds. *Panel Data Econometrics with R*. EU, USA: John Wiley & Sons, Ltd; 2019. doi: 10.1002/9781119504641
- UN-HABITAT Urban Indicators Guidelines: 'Better Information, Better Cities' Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals – Slums Target. Technical Report. United Nations Human Settlements Programme; 2009. Accessed December 11, 2023. <https://unhabitat.org/urban-indicators-guidelinesmo>

- onitoring-the-habitat-agenda-and-the-millennium-development-goals/
30. Cai Z, Chen M, Ye P, Yip PSF. Socio-economic determinants of suicide rates in transforming China: A spatial-temporal analysis from 1990 to 2015. *Lancet Reg Health West Pac*. 2021;19:100341. doi: 10.1016/j.lanwpc.2021.100341
  31. Yang Y, Shang HL, Cohen JE. Temporal and spatial Taylor's law: Application to Japanese subnational mortality rates. *J R Stat Soc Ser A Stat Soc*. 2022;185(4):1979–2006. doi: 10.1111/rssa.12859
  32. Diez Roux AV, Green Franklin T, Alazraqui M, Spinelli H. Intraurban variations in adult mortality in a large Latin American city. *J Urban Health*. 2007;84(3):319–333. doi: 10.1007/s11524-007-9159-5
  33. Wang S, Ren Z. Spatial variations and macroeconomic determinants of life expectancy and mortality rate in China: A county-level study based on spatial analysis models. *Int J Public Health*. 2019;64(5):773–783. doi: 10.1007/s00038-019-01251-y
  34. Sizova OV, Berendeeva AB, Rychikhina NS. Using the modeling method in the analysis of mortality factors of the working-age population in the regions of Russia. *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii. Regional'noe Prilozhenie*. 2020;(2(62)):62–73. (In Russ.)
  35. Sun Y, Hu X, Xie J. Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England. *Sci Total Environ*. 2021;758:143595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143595
  36. Stenbacka M, Jansson B. Unintentional injury mortality – The role of criminal offending. A Swedish longitudinal population based study. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2014;21(2):127–135. doi: 10.1080/17457300.2013.792281

**Сведения об авторах:**

✉ **Лакман** Ирина Александровна – к.т.н., заведующая лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»; e-mail: Lackmania@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

**Аскар** Расул Аскарлович – к.м.н., доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»; e-mail: rasul72@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7980-4113>.

**Тимирьянова** Венера Маратовна – д.э.н., заместитель заведующего лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»; e-mail: 79174073127@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

**Аскарова** Загира Фаткулловна – д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии № 2 ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: zagira\_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9772-1311>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Лакман И.А., Аскарова З.Ф.; сбор данных: Аскар Р.А., Аскарова З.Ф.; анализ и интерпретация результатов: Лакман И.А., Тимирьянова В.М.; литературный обзор: Лакман И.А., Аскар Р.А.; подготовка проекта рукописи: Лакман И.А., Аскар Р.А., Аскарова З.Ф.; оформление рукописи: Тимирьянова В.М. 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 в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2023-0002).

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

Статья получена: 22.06.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

✉ **Irina A. Lakman**, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Laboratory for the Study of Socio-Economic Problems of Regions, Ufa University of Science and Technology; e-mail: lackmania@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

**Rasul A. Askarov**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting; e-mail: rasul72@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7980-4113>.

**Venera M. Timiryanova**, Dr. Sci. (Econ.), Deputy Head of the Laboratory for the Study of Socio-Economic Problems of Regions, Ufa University of Science and Technology; e-mail: 79174073127@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

**Zagira F. Askarova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy No. 2, Bashkir State Medical University; e-mail: zagira\_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9772-1311>.

**Author contributions:** study conception and design: Lakman I.A., Askarova Z.F.; data collection: Askarov R.A., Askarova Z.F.; analysis and interpretation of results: Lakman I.A., Timiryanova V.M.; literature review: Lakman I.A., Askarova Z.F.; draft manuscript preparation: Lakman I.A., Askarov R.A., Askarova Z.F.; manuscript design: Timiryanova V.M. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** This research has been carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Scientific Topic Code: FZWU- 2023-0002).

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

Received: June 22, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 29, 2023



## Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз

Б.И. Марченко, О.А. Нестерова, К.С. Тарасенко

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

### Резюме

**Введение.** Высокую актуальность приобретает оптимизация информационно-аналитического обеспечения социально-гигиенического мониторинга на основе современных технологий математического моделирования и прогнозирования, многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей.

**Цель исследования:** ретроспективный и проспективный эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями в городе Таганроге Ростовской области за 1985–2022 гг.

**Материалы и методы.** Проведен комплексный анализ статистических отчетных форм и персонифицированной базы данных о злокачественных новообразованиях за многолетний период с применением факторного анализа, иерархического кластерного анализа, оценки реального риска и искусственных нейронных сетей. Использовано программное обеспечение собственной разработки, а также пакеты программ IBM SPSS Statistics, version 19.0, и Matlab R2021a с набором инструментов Neural Network Toolbox.

**Результаты.** Данные исследований свидетельствуют о неблагоприятной ситуации в городе Таганроге Ростовской области с превышением среднеемноголетнего уровня частоты злокачественных новообразований для городов области в 1,3 раза и тенденцией к дальнейшему росту. Определены половозрастные особенности и приоритетные локализации злокачественных новообразований. На основе региональных критериев оценки реального риска установлено, что Таганрог по онкологической заболеваемости и смертности, а также по семи отдельным локализациям занимает среди городов первое ранговое место. Наиболее высокий реальный риск диагностирован для злокачественных новообразований молочной железы и кожи. С применением факторного анализа и иерархического кластерного анализа изучена структура факторов риска при злокачественных новообразованиях ободочной кишки за 1988–2019 гг. Применение метода искусственных нейронных сетей обеспечило более высокую точность при среднесрочном прогнозировании частоты злокачественных новообразований по сравнению с экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций.

**Заключение.** Применение многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей обеспечивает высокоинформативную характеристику состояния здоровья населения на популяционном уровне.

**Ключевые слова:** социально-гигиенический мониторинг, оценка риска здоровью, злокачественные новообразования, факторы риска, факторный анализ, иерархический кластерный анализ, искусственные нейронные сети.

**Для цитирования:** Марченко Б.И., Нестерова О.А., Тарасенко К.С. Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 12. С. 17–26. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26

## Malignant Neoplasms in the Industrial City: Epidemiology, Current Trends and Forecast

Boris I. Marchenko, Olesja A. Nesterova, Karina S. Tarasenko

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

### Summary

**Introduction:** Optimization of information and analytical support for public health monitoring based on modern techniques of mathematical modeling and forecasting, multivariate statistical methods and artificial neural networks is becoming highly relevant.

**Objective:** To conduct a retrospective and prospective epidemiological analysis of the incidence of malignant neoplasms in the city of Taganrog, Rostov Region, for 1985–2022.

**Materials and methods:** We did a comprehensive long-term data analysis of statistical reporting forms and a personalized database of malignant neoplasms using factor analysis, hierarchical cluster analysis, real risk assessment, and artificial neural networks. We used software of our own design, as well as software packages IBM SPSS Statistics version 19.0 and Matlab R2021a with the Neural Network Toolbox.

**Results:** Our findings indicate an unfavorable situation in the city of Taganrog, Rostov Region, with a 1.3-fold excess of the average annual cancer rate for the cities of the region and a continuous rising trend. Sex and age characteristics and priority cancer sites were determined. Based on regional criteria for assessing the real risk, we established that Taganrog ranks first in terms of cancer incidence and mortality, as well as seven cancer sites. The highest real risk has been found for breast and skin cancer. Using factor analysis and hierarchical cluster analysis, we examined the structure of risk factors for colon cancer in 1988–2019. The applied technique of artificial neural networks provided higher accuracy in the medium-term forecasting of the frequency of malignant neoplasms compared to extrapolation forecasting using theoretical trend lines.

**Conclusion:** The use of multivariate statistical methods and artificial neural networks provides a highly informative characterization of the health status of the population.

**Keywords:** public health monitoring, health risk assessment, malignant neoplasms, risk factors, factor analysis, hierarchical cluster analysis, artificial neural networks.

**For citation:** Marchenko BI, Nesterova OA, Tarasenko KS. Malignant neoplasms in the industrial city: Epidemiology, current trends and forecast. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):17–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26

**Введение.** Химическое загрязнение компонентов среды обитания с контаминацией экополлутантами продуктов питания и питьевой воды обуславливает риски для здоровья населения России, что проявляется в дополнительных случаях экологически зависимой патологии и увеличении смертности [1, 2]. «Концепция развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года»<sup>1</sup> как приоритетные направления деятельности декларирует оптимизацию информационно-аналитического обеспечения оценки и управления рисками с внедрением в практику наукоемких технологий и результатов фундаментальных исследований в области гигиены. Одной из ключевых целей при этом является усиление потенциала национальной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) в рамках риск-ориентированной и профилактической модели надзорной деятельности, существенно возрастает роль научных прогнозов и развития методов профилактики риск-ассоциированных потерь здоровья с целью достижения национального приоритета – повышения ожидаемой продолжительности жизни населения России [2, 5–7]. Дальнейшее развитие их методологической базы интеграции исследований гигиенического и эпидемиологического типов включает широкое применение современных технологий математического моделирования и прогнозирования, многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей [3–5, 8, 9].

К числу высокоинформативных параметров, характеризующих состояние здоровья населения на популяционном уровне, традиционно относятся заболеваемость злокачественными новообразованиями (ЗН). Это определяется их высокой социально-экономической и медицинской значимостью, а также существенной ролью средовых факторов риска в возникновении данной патологии [10–13]. Доказано участие в возникновении и развитии ЗН многочисленных факторов риска наследственного, средового (инициаторы и промоторы канцерогенеза), профессионально-производственного и индивидуального характера [13–18]. Так, около трети случаев смерти от ЗН связывается с избыточной массой тела, дефицитом овощей и фруктов в рационе, низкой физической активностью и употреблением алкоголя. Приоритетным фактором риска признается табакокурение, с которым ассоциировано свыше 22 % случаев смерти от ЗН [13, 17, 19–21]. Указанные факторы рассматриваются как этиология почти 70 % предотвратимых ЗН, включая рак легких, молочной железы, ободочной и прямой кишки [18]. Среди средовых факторов онкологического риска наряду с химическим загрязнением атмосферы и почвы [14, 15, 18] существенное значение имеют продукты гиперхлорирования питьевой воды [22]. Внедрение программ профилактики и скрининговых программ раннего выявления онкологических заболеваний в целях сокращения уровня онкологи-

ческой смертности отнесено к основным задачам демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года<sup>2</sup>.

Мультикаузальная природа ЗН определяет перспективность использования в процедуре анализа по факторам риска при ведении СГМ многомерных статистических методов, в том числе факторного анализа, кластерного анализа и множественного регрессионного анализа [23, 24].

**Цель исследования:** ретроспективный и проспективный эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями в городе Таганроге Ростовской области за 1985–2022 гг.

**Материалы и методы.** При ретроспективном и проспективном анализе заболеваемости ЗН применены сведения отчетных форм № 35 «Сведения о больных злокачественными новообразованиями» за 1985–2015 гг. и № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях» за 2016–2022 гг. по Ростовской области. Факторный анализ и иерархический кластерный анализ корреляций проведены с применением обезличенной базы данных о потенциальных факторах риска при 2198 случаях заболеваний ЗН ободочной кишки, зарегистрированных в городе Таганроге с населением около 250 тыс. человек в 1988–2019 гг. При обработке материалов использован комплекс методов вариационной статистики, в том числе критерий *t*-Стюдента, критерий Шовене и метод Пригге. Характеристика многолетней динамики онкологической заболеваемости выполнена на основе парного нелинейного регрессионного анализа. Региональные критерии для характеристики частоты ЗН рассчитаны с применением авторского метода оценки реального риска<sup>3</sup>. Частная оценка ситуации по отдельным локализациям ЗН дополнена интегральной оценкой реального риска по девяти приоритетным локализациям ЗН на основе кумулятивной нелинейной модели [26].

Качественная интерпретация извлеченных групповых (латентных) факторов заключалась в смысловой идентификации через первичные (регистрируемые) факторы риска, которые подвергались дальнейшей классификации методом ИКА с графическим представлением результата в виде дендрограммы. Использовано программное обеспечение собственной разработки, включая программный комплекс Turbo oncologist, version 2.01, а также профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science), version 19.0. Использованная при апробации альтернативного метода прогнозирования онкологической заболеваемости искусственная нейронная сеть (ИНС) сформирована в среде пакета прикладных программ Matlab R2021a с набором инструментов для синтеза и анализа нейронных сетей Neural Network Toolbox. Обучение ИНС по типу многослойного перцептрона прямого пространства сигнала проводилось по алгоритму Левенберга–Марквардта (Levenberg–Marquardt

<sup>1</sup> Приказ руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора) от 26.08.2019 № 665 «Об утверждении концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года».

<sup>2</sup> Указ Президента Российской Федерации от 09.10.2007 № 1351 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 01.07.2014 № 483) «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года».

<sup>3</sup> Егорова И.П., Марченко Б.И. Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: пособие для врачей. Утверждено секцией по гигиене учебного совета Минздрава Российской Федерации, протокол № 9 от 24.12.1999. М., 1999. 48 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26>  
Original Research Article

method), предназначенного для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей при решении задач о наименьших квадратах [27–29].

**Результаты.** Сравнительный анализ показал, что уровень общей онкологической заболеваемости в Таганроге соответствует первому ранговому месту среди городов Ростовской области и превышает аналогичный показатель для городского населения (373,98 ‰) в 1,30 раза. При этом стабильно неблагоприятная ситуация отмечена по заболеваемости ЗН желудка, ободочной и прямой кишки, молочной железы, яичника, предстательной железы и мочевого пузыря. В 2018–2022 гг. обращает на себя внимание относительное неблагополучие по ЗН трахей, бронхов и легкого, а также по злокачественным лимфомам (см. табл. 1).

В структуре онкологической заболеваемости населения Таганрога в 2008–2022 гг. первые пять ранговых мест занимают ЗН кожи (15,8 % без учета меланомы); молочной железы (12,7 %); трахеи, бронхов и легкого (9,0 %); ободочной кишки (6,8 %) и предстательной железы (6,5 %). Наибольшая частота по сумме локализаций ЗН приходится на старшие возрастные группы, причем как среди мужчин, так и среди женщин ее максимальный уровень свойствен для лиц в возрасте 70–74 года.

При расчете фоновых уровней онкологической заболеваемости для городского населения Ростовской области был использован 15-летний период 2005–2019 гг., так как из-за пандемии COVID-19 сведения о зарегистрированных ЗН на ряде территорий в 2020 и 2021 гг. оказались существенно занижены.

**Таблица 1. Показатели частоты заболеваемости злокачественными новообразованиями на 100 тысяч населения (частота ± границы доверительных интервалов при  $p < 0,05$ , ‰) по данным за 2008–2022 гг.**

**Table 1. Cancer incidence rates per 100,000 population (rate ± confidence interval at  $p < 0.05$ , ‰) based on data for 2008–2022**

№	Нозологические формы, локализации злокачественных новообразований / Nosological forms, sites of malignant neoplasms	Годы / Years							
		2008–2022		Пятилетние периоды / Five-year periods					
		‰	Ранг / Rank	2008–2012		2013–2017		2018–2022	
		‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank
1	Всего / Total	485,18 ± 14,16	1	491,35 ± 15,66	1	472,78 ± 51,66	1	491,40 ± 25,39	1
2	в т.ч. дети до 14 лет / incl.: children under 14	6,42 ± 2,70	8	8,73 ± 5,69	7	7,95 ± 7,05	9	2,57 ± 3,57	11
3	губа / lip	1,04 ± 0,45	5	2,09 ± 1,51	6	1,03 ± 1,26	6	0,56 ± 0,64	7
4	полость рта и глотки / oral cavity and pharynx	9,26 ± 1,06	3	9,66 ± 2,18	1	7,83 ± 2,30	6	10,29 ± 2,25	2
5	пищевод / esophagus	3,69 ± 0,76	2	3,33 ± 2,26	5	4,26 ± 1,73	1	3,46 ± 1,62	4
6	желудок / stomach	25,75 ± 4,01	1	32,83 ± 5,84	1	24,08 ± 2,63	1	20,33 ± 9,56	3
7	ободочная кишка / colon	32,84 ± 2,78	1	35,10 ± 6,09	1	33,88 ± 5,92	1	29,53 ± 6,68	2
8	прямая кишка, ректосигмоидное соединение, анус / rectum, rectosigmoid junction, anus	26,31 ± 2,08	1	26,44 ± 2,59	1	25,14 ± 6,98	1	27,35 ± 5,25	1
9	гортань / larynx	5,78 ± 0,97	4	5,95 ± 3,22	3	5,61 ± 1,90	4	5,79 ± 2,32	4
10	трахея, бронхи, легкое / trachea, bronchi, lung	43,37 ± 4,00	1	48,99 ± 6,02	2	38,40 ± 7,24	7	42,71 ± 10,19	1
11	кости, соединительная и другие мягкие ткани / bones, connective and other soft tissues	3,18 ± 0,72	2	3,78 ± 1,81	3	2,05 ± 1,42	7	3,70 ± 0,83	4
12	меланома кожи / skin melanoma	9,43 ± 1,25	1	10,44 ± 2,49	2	8,70 ± 2,26	5	9,16 ± 4,08	3
13	другие новообразования кожи / other skin neoplasms	76,74 ± 8,91	3	72,22 ± 15,93	3	65,20 ± 18,31	3	92,82 ± 6,95	2
14	молочная железа / breast	61,69 ± 5,28	1	54,43 ± 4,60	1	67,29 ± 11,43	1	63,36 ± 14,49	2
15	шейка матки / cervix	13,66 ± 2,25	5	10,97 ± 3,76	9	16,50 ± 3,95	5	13,50 ± 6,09	7
16	тело матки / body of the uterus	21,73 ± 1,95	1	22,96 ± 6,18	1	22,51 ± 3,12	2	17,93 ± 3,99	7
17	яичник / ovary	11,72 ± 1,53	1	15,06 ± 4,22	1	11,61 ± 3,98	1	10,13 ± 2,42	2
18	предстательная железа / prostate	32,74 ± 3,15	1	25,83 ± 8,38	2	32,89 ± 9,62	2	36,12 ± 2,38	2
19	мочевой пузырь / bladder	13,66 ± 1,01	1	16,01 ± 4,47	1	13,35 ± 2,35	1	13,91 ± 2,69	1
20	щитовидная железа / thyroid	8,47 ± 1,35	2	6,50 ± 1,87	4	9,01 ± 3,43	1	9,89 ± 2,70	2
21	злокачественные лимфомы (лимфоидная ткань) / malignant lymphomas (lymphoid tissue)	9,63 ± 1,59	2	10,35 ± 3,48	2	6,80 ± 2,25	10	11,74 ± 1,76	1
22	лейкемии (костный мозг) / leukemia (bone marrow)	3,52 ± 1,51	7	5,79 ± 3,82	3	3,40 ± 2,72	8	1,37 ± 1,23	11

**Примечание:** в столбце «Ранг» указаны ранговые места города Таганрога по частоте злокачественных новообразований данной локализации среди городов Ростовской области.

**Note:** The column "Rank" shows ranking places of the city of Taganrog in terms of the incidence of malignant neoplasms of the specific site among the cities of the Rostov Region.

В табл. 2 указано, что по результатам частной оценки за 2008–2022 гг. в соответствии с региональными критериями реальный риск для населения Таганрога по сумме локализаций ЗН оценивается как высокий, что соответствует первому ранговому месту среди городов Ростовской области. Неблагополучие по онко-

логической заболеваемости для населения Таганрога подтверждается повышенной степенью ее реального (эпидемиологического) риска по результатам интегральной оценки и высоким риском онкологической смертности при первых ранговых местах среди аналогичных показателей городов областного подчинения.

**Таблица 2. Оценка реального риска заболеваемости злокачественными новообразованиями и онкологической смертности населения города Таганрога за период 2008–2022 гг.**

**Table 2. Assessment of the real risk of the incidence of malignant neoplasms and cancer mortality of the population of the city of Taganrog in 2008–2022**

Нозологические формы, локализации злокачественных новообразований / Nosological forms, localization of malignant neoplasms	Фоновый риск для городов Ростовской области за период 2005–2019 гг. / Background risk for the cities of the Rostov Region for 2005–2019 (‰000)		Стандартизованные косвенным методом показатели / Indicators standardized by the indirect method (‰000)	Нормированный риск заболеваемости и смертности / Normalized risk of morbidity and mortality	Критериальная оценка реального (эпидемиологического) риска / Criteria assessment of real (epidemiological) risk	Ранг / Rank
	F	Δf				
Всего / Total	192,39	49,04	297,53	2,144	высокий / high	1
в т.ч. дети до 14 лет / incl.: children under 14	5,25	10,59	6,42	0,111	умеренный / moderate	8
губа / lip	0,71	1,33	0,66	-0,038	низкий / low	6
полость рта и глотки / oral cavity and pharynx	3,85	3,35	6,95	0,926	умеренный / moderate	3
пищевод / esophagus	1,66	2,07	2,32	0,315	умеренный / moderate	2
желудок / stomach	10,69	6,41	15,43	0,740	умеренный / moderate	2
ободочная кишка / colon	13,43	7,85	22,00	1,093	повышенный / elevated	1
прямая кишка, ректосигмоидное соединение, анус / rectum, rectosigmoid junction, anus	9,24	5,31	15,10	1,104	повышенный / elevated	1
гортань / larynx	3,04	3,04	4,93	0,622	умеренный / moderate	2
трахея, бронхи, легкие / trachea, bronchi, lung	20,38	11,73	29,45	0,772	умеренный / moderate	3
кости, соединительная и другие мягкие ткани / bones, connective and other soft tissues	1,10	1,77	2,03	0,525	умеренный / moderate	3
меланома кожи / skin melanoma	3,36	3,03	6,42	1,012	повышенный / elevated	2
другие новообразования кожи / other skin neoplasms	14,98	11,85	42,72	2,342	высокий / high	3
молочная железа / breast	23,38	10,38	61,69	3,692	очень высокий / very high	1
шейка матки / cervix	7,06	4,57	8,28	0,268	умеренный / moderate	6
тело матки / body of the uterus	6,45	4,33	12,21	1,330	повышенный / elevated	1
яичник / ovary	5,08	3,50	6,42	0,383	умеренный / moderate	1
предстательная железа / prostate	10,75	5,96	22,66	1,998	повышенный / elevated	1
мочевой пузырь / bladder	5,51	3,94	8,88	0,855	умеренный / moderate	1
щитовидная железа / thyroid	3,39	3,53	5,45	0,586	умеренный / moderate	3
злокачественные лимфомы (лимфоидная ткань) / malignant lymphomas (lymphoid tissue)	5,26	3,96	7,45	0,552	умеренный / moderate	3
лейкемии (костный мозг) / leukemia (bone marrow)	1,55	2,05	2,48	0,449	умеренный / moderate	7
Интегральная оценка риска заболеваемости по девяти приоритетным локализациям злокачественных новообразований / Integral risk assessment of cancer incidence for nine priority sites				1,551	повышенный / elevated	1
Онкологическая смертность / Cancer mortality	71,66	31,00	136,89	2,104	высокий / high	1

Критерии для оценки реального риска заболеваемости злокачественными новообразованиями в городах Ростовской области по данным за 2005–2019 гг. / Criteria for assessing the real risk of malignant neoplasms in the cities of the Rostov Region based on data for 2005–2019

Критериальная оценка реального (эпидемиологического) риска / Criteria assessment of real (epidemiological) risk	Стандартизованные косвенным методом показатели частоты злокачественных новообразований (‰000) / Indirectly standardized cancer incidence rates (‰000)	
	Злокачественные новообразования – всего / Malignant neoplasms – total	в т.ч. злокачественные новообразования ободочной кишки / including malignant neoplasms of the colon
низкий / low (Wi менее 0.000 / Wi less than 0.000)	< 192,39	< 13,43
умеренный / moderate (Wi = 0.000 – 0.999)	192,39–241,42	13,43–21,26
повышенный / elevated (Wi = 1.000 – 1.999)	241,43–290,46	21,27–29,11
высокий / high (Wi = 2.000 – 2.999)	290,47–339,50	29,12–36,96
очень высокий / very high (Wi = 3.000 и более / Wi = 3.000 and more)	> 339,51	≥ 36,97

Примечание: F – фоновый риск заболеваемости; Δf – предельная ошибка фонового риска заболеваемости ( $p < 0,05$ ); P – стандартизованные косвенным методом показатели заболеваемости; Wi – частный нормированный показатель реального (эпидемиологического) риска заболеваемости; W – обобщенный нормированный показатель реального (эпидемиологического) риска заболеваемости.

Notes: F – background disease risk; Δf – marginal error of the background disease risk ( $p < 0.05$ ); P – incidence rates standardized by the indirect method; Wi – a particular normalized indicator of real (epidemiological) disease risk; W – a generalized normalized indicator of real (epidemiological) disease risk.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26>  
Original Research Article

На основе динамических рядов годовых показателей частоты ЗН продолжительностью 15 лет (2006–2020 гг.) проведена сравнительная оценка точности среднесрочных прогнозов на 2021 и 2022 гг., полученных двумя методами – экстраполяционным и с применением искусственных нейронных сетей (ИНС). В табл. 3 представлены результаты сопоставления точности полученных прогнозов по величинам их абсолютных ( $\Delta X$ , ‰) и относительных ( $\Delta Y$ , %) погрешностей. Подтверждена более высокая точность среднесрочных прогнозов, полученных с

применением ИНС как по сумме ЗН, так и по большинству из шести отдельных локализаций.

Факторный анализ (ФА) позволил за 11 итераций уменьшить до 27 число первичных (регистрируемых) потенциальных факторов риска (ПФР). Критерием отбора ПФР являлись значения их факторных нагрузок 0.500 и более. Идентифицированы, количественно измерены и содержательно интерпретированы три групповых (латентных, скрытых) фактора риска (ГФР), объясняющих 79,205 % суммарной дисперсии. Применение иерархического кластерного анализа

**Таблица 3. Сравнительная оценка точности прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций и применения искусственных нейронных сетей по данным за 2006–2020 гг.**

**Table 3. Comparative assessment of the accuracy of forecasts of the incidence of malignant neoplasms using techniques of extrapolation along theoretical lines of trends and artificial neural networks based on data for 2006–2020**

Годы / Years	Наименования показателей / Indicators	Локализации злокачественных новообразований / Cancer sites						
		Всего / Total	Желудок / Stomach	Кишка ободочная / Colon	Легкие, бронхи, трахея / Lung, bronchi, trachea	Кожа (без меланомы) / Skin (w/o melanoma)	Железы молочные / Mammary glands	Тело матки / Body of the uterus
Фактические зарегистрированные относительные показатели частоты злокачественных новообразований на 100 тысяч населения / Actual registered relative rates of malignant neoplasms per 100,000 population								
2021	Заболееваемость злокачественными новообразованиями / Incidence rates of malignant neoplasms (‰)	462,05	12,07	26,97	33,81	97,80	66,01	12,88
2022	Заболееваемость злокачественными новообразованиями / Incidence rates of malignant neoplasms (‰)	502,58	15,39	37,66	42,51	93,55	59,94	19,03
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом экстраполяции по теоретическим линиям тенденций / Forecasts of the incidence rates of malignant neoplasms by extrapolation method along theoretical lines of trends								
2021	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰)	493,16	22,52	29,97	42,21	83,92	65,78	21,24
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta X_A$ , ‰)	31,11	10,45	3,00	8,40	13,88	0,23	8,36
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta Y_A$ , %)	6,73	86,61	11,13	24,85	14,19	0,35	64,89
2022	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰)	494,33	22,09	29,59	42,08	85,28	66,12	21,19
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta X_A$ , ‰)	8,25	6,70	8,07	0,43	8,27	6,18	2,16
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta Y_A$ , %)	1,64	43,52	21,44	1,01	8,84	10,32	11,33
Прогнозы частоты злокачественных новообразований с применением двухслойных искусственных нейронных сетей с прямым распространением сигнала / Forecasts of the incidence rates of malignant neoplasms using two-layer Feed-forward backprop type artificial neural networks								
Число нейронов в скрытом слое / Number of neurons in the hidden layer		27	17	14	17	27	13	16
2021	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰)	452,15	18,50	25,63	37,89	97,09	66,45	18,94
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta X_B$ , ‰)	9,90	6,43	1,34	4,08	0,71	0,44	6,06
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta Y_B$ , %)	2,14	53,27	4,97	12,07	0,73	0,67	47,05
2022	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰)	505,04	17,85	34,56	42,43	96,99	53,91	20,73
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta X_B$ , ‰)	2,46	2,46	3,10	0,08	3,44	6,03	1,70
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates ( $\Delta Y_B$ , %)	0,49	15,98	8,23	0,19	3,68	10,06	8,93
Соотношения абсолютных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций ( $\Delta X_A$ ) и применения искусственных нейронных сетей ( $\Delta X_B$ ) / Ratios of absolute errors of the forecasts of cancer incidence rates using the techniques of extrapolation along theoretical lines of trends ( $\Delta X_A$ ) and artificial neural networks ( $\Delta X_B$ )								
2021	Соотношение $\Delta X_A/\Delta X_B$ / $\Delta X_A/\Delta X_B$ ratios	3,14	1,63	2,24	2,06	19,54	0,53	1,38
2022	Соотношение $\Delta X_A/\Delta X_B$ / $\Delta X_A/\Delta X_B$ ratios	3,35	2,72	2,60	5,37	2,40	1,03	1,27
Разница относительных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций ( $\Delta Y_A$ ) и применения искусственных нейронных сетей ( $\Delta Y_B$ ) / Difference of relative errors of the forecasts of cancer incidence rates using the techniques of extrapolation along theoretical lines of trends ( $\Delta Y_A$ ) and artificial neural networks ( $\Delta Y_B$ )								
2021	Разница $\Delta Y_A-\Delta Y_B$ (%) / $\Delta Y_A-\Delta Y_B$ difference (%)	4,59	33,34	6,16	12,78	13,46	-0,31	17,84
2022	Разница $\Delta Y_A-\Delta Y_B$ (%) / $\Delta Y_A-\Delta Y_B$ difference (%)	1,15	27,53	13,21	0,82	5,16	0,26	2,40

корреляций (ИКА) позволило классифицировать и графически представить в виде дендрограммы иерархически организованные подгруппы (кластеры) ПФР, что послужило основой для смысловой интерпретации идентифицированных ГФР. Так, в структуре ГФР 1-го ранга (13 ПФР с суммарной дисперсией 33,209 %) выделены 4 кластера, которые позволяют интерпретировать его как «индивидуальные особенности, отягощенная наследственность, привычные интоксикации и потенциальные факторы риска популяционного уровня». ГФР 2-го ранга (6 ПФР с суммарной дисперсией 30,771 %) включает 2 кластера ПФР, интерпретирован как «преморбидный фон и сопутствующая патология ободочной кишки» ГФР 3-го ранга (8 ПФР с суммарной дисперсией 15,225 %) объединяет 3 кластера, характеризующие его как «неблагоприятные структура рациона и режим питания» (см. рисунок).

**Обсуждение.** Результаты исследований свидетельствуют о том, что в Таганроге сформировалась устойчивая тенденция к росту частоты ЗН, что соответствует динамике данной патологии по Российской Федерации с ежегодным приростом в среднем на 1,5 % [11]. На рост частоты ЗН кожи, ободочной, сигмовидной и прямой кишок, молочной и предстательной желез обращают внимание многие зарубежные исследователи [12, 17, 19, 21, 30–32]. За период 2008–2022 гг. Таганрог занимал первые ранговые места по общей онкологической заболеваемости, превышающей показатель для городского населения Ростовской области на 30 %, по частоте ЗН желудка, ободочной кишки, прямой кишки, легкого, молочной железы, тела матки, яичника, предстательной железы, мочевого пузыря, а также меланомы кожи. Приоритетными локализациями в структуре ЗН являются кожа (без учета меланомы), молочная железа, легкое, ободочная кишка и предстательная железа. Полученные результаты в целом согласуются с данными Московского НИОИ им. П.А. Герцена, ряда других отечественных и зарубежных исследователей [11, 12, 30–37].

Установлены высокие степени реального риска общей онкологической заболеваемости и смертности от ЗН в 2008–2022 гг., по стандартизованным показателям которых Таганрог занимает первые ранговые места среди городов области. Очень высокий реальный риск был диагностирован в отношении ЗН молочной железы, высокий – прочих ЗН кожи, повышенный – ЗН пяти локализаций (ободочная кишка, прямая кишка, меланома кожи, тело матки и предстательная железа), а также по его интегральной оценке с учетом 9 приоритетных локализаций.

Из результатов сравнительного анализа апробации среднесрочного прогнозирования с применением технологии искусственных нейронных сетей (ИНС) следует, что применение ИНС обеспечивает более высокую точность прогнозов по сравнению с экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций на основе регрессионных моделей.

По данным литературных источников, рак ободочной кишки являются одной из самых распространенных нозологических форм ЗН и причин онкологической смертности с тенденцией роста

заболеваемости среди лиц молодого возраста [11–13, 38–41]. В ряде исследований показана этиологическая роль избыточного употребления красного мяса, жиров, крепкого алкоголя, а также дефицита в рационе пищевых волокон и ожирения [38, 42, 43]. Также существует риск того, что нитраты в питьевой воде способны увеличить риск развития рака ободочной кишки из-за эндогенного превращения их в канцерогенные N-нитрозосоединения [44]. Изучение структуры потенциальных факторов риска при ЗН ободочной кишки по Таганрогу за 1988–2019 гг. с применением методов факторного анализа и иерархического кластерного анализа корреляций позволило идентифицировать, количественно определить и содержательно интерпретировать три групповых (латентных, скрытых) фактора риска. Проведенные в 2013–2020 гг. исследования городских почв позволили установить, что приоритетным поллютантом является 3,4-бенз(а)пирен с превышением ПДК в 65,6 % проб (до 45,5 ПДК); по результатам выполненной оценки индивидуальный многомаршрутный канцерогенный риск (CR) равен  $2,46 \cdot 10^{-3}$ , что соответствует его неприемлемому диапазону De Manifestis Risk, а пожизненный многомаршрутный популяционный канцерогенный риск (PCR) – 621 случаю заболеваний за 70 лет [45].

#### Выводы

1. В 2008–2022 гг. Таганрог занимает первые ранговые места среди городов Ростовской области по среднесрочным показателям общей онкологической заболеваемости, частоты злокачественных новообразований десяти приоритетных локализаций. В структуре онкологической заболеваемости на первых пяти ранговых местах находятся злокачественные новообразования кожи без учета меланомы, молочной железы, легкого, ободочной кишки и предстательной железы.

2. На основе региональных оценочных критериев для городского населения Таганрога в 2008–2022 гг. определен высокий реальный (эпидемиологический) риск общих онкологической заболеваемости и смертности; очень высокий – по злокачественным новообразованиям молочной железы; высокий – кожи без учета меланомы; повышенный – ободочной кишки, прямой кишки, тела матки и предстательной железы, а также по результатам интегральной оценки с учетом 9 приоритетных локализаций злокачественных новообразований.

3. Применение факторного анализа и иерархического кластерного анализа корреляций позволило идентифицировать, количественно определить и содержательно интерпретировать три групповых фактора риска злокачественных новообразований ободочной кишки – «индивидуальные особенности, отягощенная наследственность, привычные интоксикации и потенциальные факторы риска популяционного уровня», «преморбидный фон и сопутствующая патология ободочной кишки», «неблагоприятные структура рациона и режим питания».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Клейн С.В., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с

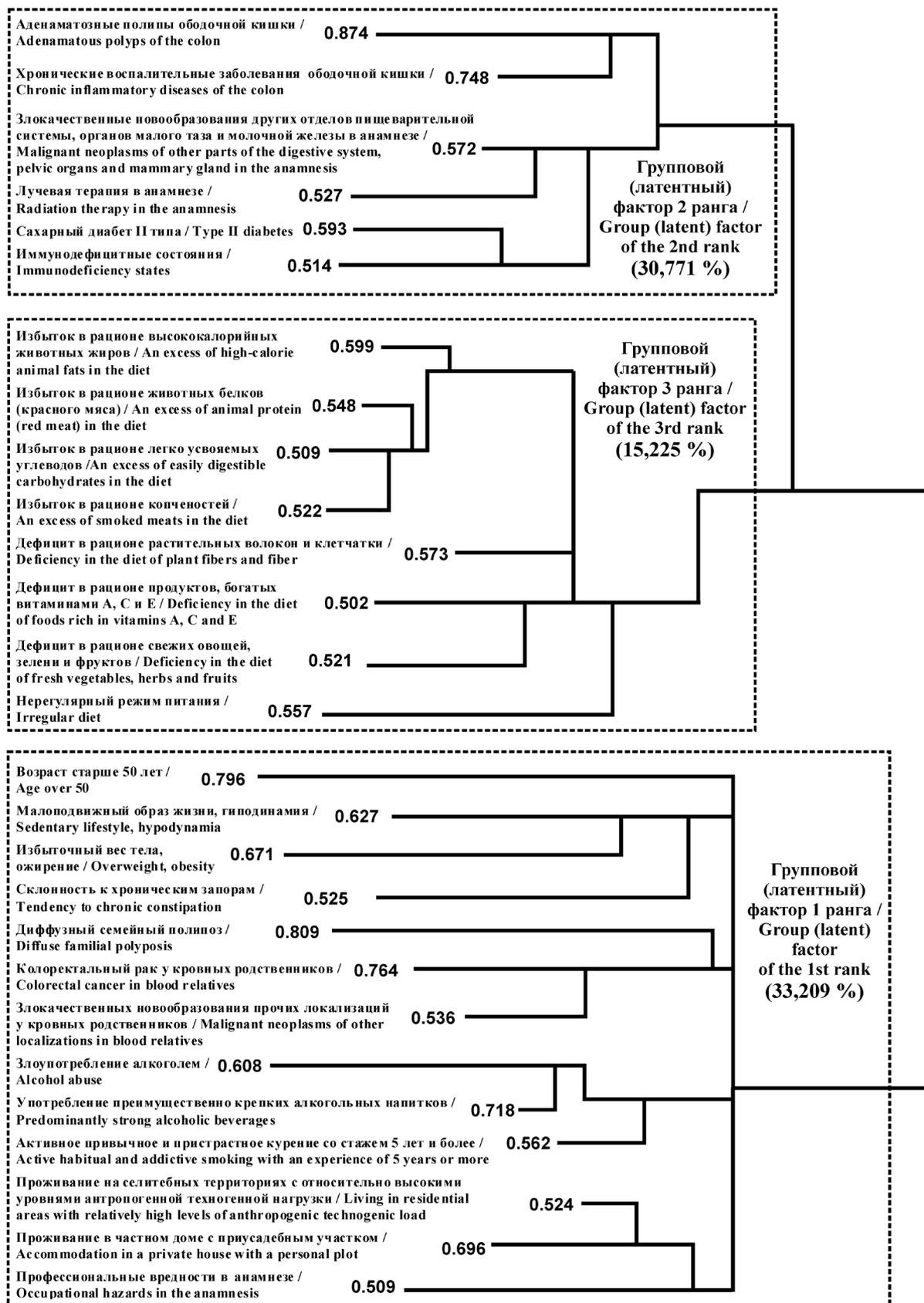


Рисунок. Дендрограмма факторной структуры и значения факторных нагрузок при злокачественных новообразованиях ободочной кишки в г. Таганроге за период 1988–2019 гг. (по результатам кластерного анализа корреляций)

Figure. Dendrogram of the factor structure and the values of factor loads for colon cancer in Taganrog in 1988–2019 (according to the results of the cluster analysis of correlations)

- ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 1–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01
2. Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1138–1144. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
  3. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
  4. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Зайцева Н.В., Май И.В. Приоритеты научной поддержки деятельности санитарно-эпидемиологической службы в области гигиены: поиск ответов на известные угрозы и новые вызовы // Анализ риска здоровью. 2021. № 1. С. 4–14. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.01
  5. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01
  6. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина С.В., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
  7. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 23–29. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.03
  8. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Глухих М.В., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р. Прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации на основе сценарного изменения социально-гигиенических детерминант с использованием искусственной нейронной сети // Анализ риска здоровью. 2022. № 2. С. 4–16. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.01
  9. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 298–301. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301
  10. Зубарев Н.Ю. Некоторые особенности факторов смертности населения в Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 4. № 3. С. 64–70.
  11. Важенин А.В., Новикова С.В., Тюков Ю.А. Современные тенденции эпидемиологии злокачественных новообразований основных локализаций в России (обзор публикаций) // Непрерывное медицинское образование и наука. 2021. Т. 16. № 2. С. 30–35.
  12. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. Cancer statistics, 2022. *CA Cancer J Clin.* 2022;72(1):7–33. doi: 10.3322/caac.21708
  13. Hulvat MC. Cancer incidence and trends. *Surg Clin North Am.* 2020;100(3):469–481. doi: 10.1016/j.suc.2020.01.002
  14. Ракитский В.Н., Стёпкина Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 188–195. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
  15. Максимов Г.Г., Азнабаева Ю.Г., Кириллова Э.В., Липатов О.Н., Муфазалов Ф.Ф. Связь заболеваемости раком легкого с выбросами в атмосферу канцерогенов с преимущественным поражением органов дыхания // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2020. Т. 9. № 1. С. 40–44. doi: 10.17116/onkolog2020901140
  16. Тихонова Г.И., Брылёва М.С. К анализу факторов риска смертности от злокачественных новообразований мужского населения промышленных моногородов // Анализ риска здоровью. 2021. № 3. С. 67–77. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06
  17. Hansen MS, Licaj I, Braaten T, Langhammer A, Marchand LL, Gram IT. Smoking related lung cancer mortality by education and sex in Norway. *BMC Cancer.* 2019;19(1):1132. doi: 10.1186/s12885-019-6330-9
  18. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка вклада онкогенных факторов в риск развития злокачественных новообразований у городского населения трудоспособного возраста // Анализ риска здоровью. 2021. № 3. С. 99–107. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.09
  19. Islami F, Sauer AG, Miller KD, et al. Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(1):31–54. doi: 10.3322/caac.21440
  20. Foerster B, Pozo C, Abufaraj M, et al. Association of smoking status with recurrence, metastasis, and mortality among patients with localized prostate cancer undergoing prostatectomy or radiotherapy: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol.* 2018;4(7):953–961. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.1071
  21. López-Campos JL, Ruiz-Ramos M, Fernandez E, Soriano JB. Recent lung cancer mortality trends in Europe: Effect of national smoke-free legislation strengthening. *Eur J Cancer Prev.* 2018;27(4):296–302. doi: 10.1097/CEJ.0000000000000354
  22. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05
  23. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Софьяникова Л.В., Синельникова Ю.А. Применение многомерных статистических методов в задачах совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 7 (268). С. 4–8.
  24. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 47–55. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.06
  25. Марченко Б.И., Плуготаренко Н.К., Семина О.А. Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 23–30. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-23-30
  26. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Применение комплексной оценки состояния здоровья населения в задачах совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 10. С. 980–985. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985
  27. Галиуллина А.Ш., Васильев А.П., Коваленко И.А., Сбитнева А.А. Искусственные нейронные сети // Теория. Практика. Инновации. 2019. № 1 (37). С. 29–33.
  28. Ремезова А.А., Тынченко В.В. Применение искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2021. Т. 1. № 7. С. 371.
  29. Пархоменко С.С., Леденёва Т.М. Обучение нейронных сетей методом Левенберга – Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2019. № 2. С. 98–106.
  30. Рыбкина В.Л., Азизова Т.В., Адамова Г.В. Факторы риска развития злокачественных новообразований кожи // Клиническая дерматология и венерология. 2019. Т. 18. № 5. С. 548–555. doi: 10.17116/klinderma201918051548
  31. Wright CY, Jean du Preez D, Millar DA, Norval M. The epidemiology of skin cancer and public health strategies for its prevention in Southern Africa. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(3):1017. doi: 10.3390/ijerph17031017
  32. Guo F, Kuo Y-F, Shih YCT, Giordano SH, Berenson AB. Trends in breast cancer mortality by stage at diagnosis among young women in the United States. *Cancer.* 2018;124(17):3500–3509. doi: 10.1002/cncr.31638
  33. Desai VB, Wright JD, Gross CP, et al. Prevalence, characteristics, and risk factors of occult uterine cancer in presumed benign hysterectomy. *Am J Obstet Gynecol.* 2019;221(1):39.e1–39.e14. doi: 10.1016/j.ajog.2019.02.051

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26>

Original Research Article

34. Bianchi FP, Gallone MS, Fortunato F, et al. Epidemiology and cost of cervical cancer care and prevention in Apulia (Italy), 2007/2016. *Ann Ig.* 2018;30(6):490–501. doi: 10.7416/ai.2018.2249
35. Castle PE, Kinney WK, Xue X, et al. Role of screening history in clinical meaning and optimal management of positive cervical screening results. *J Natl Cancer Inst.* 2019;111(8):820–827. doi: 10.1093/jnci/djy192
36. Taitt HE. Global trends and prostate cancer: A review of incidence, detection, and mortality as influenced by race, ethnicity, and geographic location. *Am J Mens Health.* 2018;12(6):1807–1823. doi: 10.1177/1557988318798279
37. Сиразиев А.М., Хасанова Г.Р., Ульянов М.Ю. Факторы риска рака предстательной железы // Медицинский альманах. 2019. № 3–4 (60). С. 110–114. doi: 10.21145/2499-9954-2019-3-110-114
38. Thanikachalam K, Khan G. Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients.* 2019;11(1):164. doi: 10.3390/nu11010164
39. Loomans-Kropp HA, Umar A. Increasing incidence of colorectal cancer in young adults. *J Cancer Epidemiol.* 2019;2019:9841295. doi: 10.1155/2019/9841295
40. Mauri G, Sartore-Bianchi A, Russo AG, Marsoni S, Bardelli A, Siena S. Early-onset colorectal cancer in young individuals. *Mol Oncol.* 2019;13(2):109–131. doi: 10.1002/1878-0261.12417
41. Siegel RL, Wagle NS, Cercek A, Smith RA, Jemal A. Colorectal cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin.* 2023;73(3):233–254. doi: 10.3322/caac.21772
42. Ширлина Н.Г., Стасенко В.Л., Турчанинов Д.В., Сохошко И.А. Питание и пищевые привычки, ассоциированные с риском развития колоректального рака у населения Омского региона: исследование случай-контроль // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2019. Т. 18. № 1. С. 67–73. doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-1-67-73
43. Sarabi MM, Khorramabadi RM, Zare Z, Eftekhari E. Polyunsaturated fatty acids and DNA methylation in colorectal cancer. *World J Clin Cases.* 2019;7(24):4172–4185. doi: 10.12998/wjcc.v7.i24.4172
44. Picetti R, Deeney M, Pastorino S, et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res.* 2022;210:112988. doi: 10.1016/j.envres.2022.112988
45. Дерябкина Л.А., Марченко Б.И., Тарасенко К.С. Оценка канцерогенного риска, обусловленного повышенным содержанием 3,4-бенз(а)пирена в почве промышленного города // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 27–35. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.03
1. Popova AYU, Zaitseva NV, Onishchenko GG, Kleyn SV, Glukhikh MV, Kamaltdinov MR. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis.* 2020;(1):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01.eng
2. Zaitseva NV. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(10):1138–1144. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
3. Popova AYU, Kuz'min SV, Gurvich VB, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(9(318)):4–12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
4. Popova AYU, Kuzmin SV, Zaitseva NV, May IV. Priorities in scientific support provided for hygienic activities accomplished by a sanitary and epidemiologic service: How to face known threats and new challenges. *Health Risk Analysis.* 2021;(1):4–14. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.01.eng
5. Zaitseva NV, Onishchenko GG, May IV, Shur PZ. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Health Risk Analysis.* 2022;(3):4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
6. Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1125–1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
7. Rakitskii VN, Kuz'min SV, Avaliani SL, Shashina TA, Dodina NS, Kisilitsin VA. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Health Risk Analysis.* 2020;(3):23–28. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.03.eng
8. Zaitseva NV, Kleyn SV, Glukhikh MV, Kiryanov DA, Kamaltdinov MR. Predicting growth potential in life expectancy at birth of the population in the Russian Federation based on scenario changes in socio-hygienic determinants using an artificial neural network. *Health Risk Analysis.* 2022;(2):4–16. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.01.eng
9. Rakhmanin YuA, Levanchuk AV, Kopytenkova OI. Improvement of the system of social and hygienic monitoring of territories of large cities. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(4):298–301. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301
10. Zubarev NYu. Some features of mortality factors in the Russian Federation. *Ekonomika i Upravlenie: Problemy, Resheniya.* 2019;4(3):64–70. (In Russ.)
11. Vazhenin AV, Novikova SV, Tyukov YuA. Current trends in the epidemiology of malignant neoplasms of the main localizations in Russia (publications review). *Nepreryvnoe Meditsinskoe Obrazovanie i Nauka.* 2021;16(2):30–35. (In Russ.)
12. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. *Cancer statistics, 2022.* *CA Cancer J Clin.* 2022;72(1):7–33. doi: 10.3322/caac.21708
13. Hulvat MC. Cancer incidence and trends. *Surg Clin North Am.* 2020;100(3):469–481. doi: 10.1016/j.suc.2020.01.002
14. Rakitskii VN, Stepkin Yul, Klepikov OV, Kurolap SA. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(3):188–195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
15. Maksimov GG, Aznabaeva YuG, Kirillova EV, Lipatov ON, Mufazalov FF. The association between the incidence of lung cancer and atmospheric carcinogens predominantly affecting the respiratory organs. *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena.* 2020;9(1):40–44. (In Russ.) doi: 10.17116/onkolg2020901140
16. Tikhonova GI, Bryleva MS. On assessing risk factors that cause mortality due to malignant neoplasms among men living in industrial monotowns. *Health Risk Analysis.* 2021;(3):67–76. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06.eng
17. Hansen MS, Licaj I, Braaten T, Langhammer A, Marchand LL, Gram IT. Smoking related lung cancer mortality by education and sex in Norway. *BMC Cancer.* 2019;19(1):1132. doi: 10.1186/s12885-019-6330-9
18. Efimova NV, Myl'nikova IV. Assessment of the contribution made by oncogenic factors to the risk of malignant neoplasms development for the urban population of working age. *Health Risk Analysis.* 2021;(3):99–106. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.09.eng
19. Islami F, Sauer AG, Miller KD, et al. Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(1):31–54. doi: 10.3322/caac.21440
20. Foerster B, Pozo C, Abufaraj M, et al. Association of smoking status with recurrence, metastasis, and mortality among patients with localized prostate cancer undergoing prostatectomy or radiotherapy: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol.* 2018;4(7):953–961. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.1071
21. López-Campos JL, Ruiz-Ramos M, Fernandez E, Soriano JB. Recent lung cancer mortality trends in Europe: Effect of national smoke-free legislation strengthening. *Eur J Cancer Prev.* 2018;27(4):296–302. doi: 10.1097/CEJ.0000000000000354
22. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, Vekovshina SA. Drinking water quality: Health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis.* 2019;(2):44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05.eng
23. Aydinov GT, Marchenko BI, Sofyanikova LV, Sinelnikova YuA. The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2015;(7(268)):4–8. (In Russ.)
24. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. Multivariate analysis of structure and contribution per shares made by potential risk factors at malignant neoplasms in

- trachea, bronchial tubes and lung. *Health Risk Analysis*. 2017;(1):47–54. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.06.eng
25. Marchenko BI, Plugotarenko NK, Semina OA. Neural networks for the tasks of analytical support of public health and environment monitoring systems. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(11):23–30. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-23-30
  26. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. The application of complex assessment of the health status of the population in tasks of the improvement of the socio-hygienic monitoring system. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(10):980–985. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985
  27. Galiullina ASH, Vasil'ev AP, Kovalenko IA, Sbitneva AA. [Artificial neural networks.] *Teoriya. Praktika. Innovatsii*. 2019;(1(37)):29–33. (In Russ.)
  28. Remezova AA, Tynchenko VV. [Application of artificial neural networks to solve forecasting problems.] *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2011;(7):371. (In Russ.)
  29. Parkhomenko SS, Ledeneva TM. [Training of neural networks using method the Levenberg-Marquardt method given a large amount of data.] *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Sistemnyy Analiz i Informatsionnye Tekhnologii*. 2014;(2):98–106. (In Russ.)
  30. Rybkina VL, Azizova TV, Adamova GV. Risk factors of malignant neoplasms of the skin. *Klinicheskaya Dermatologiya i Venerologiya*. 2019;18(5):548–555. (In Russ.) doi: 10.17116/klinderm201918051548
  31. Wright CY, Jean du Preez D, Millar DA, Norval M. The epidemiology of skin cancer and public health strategies for its prevention in Southern Africa. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(3):1017. doi: 10.3390/ijerph17031017
  32. Guo F, Kuo Y-F, Shih YCT, Giordano SH, Berenson AB. Trends in breast cancer mortality by stage at diagnosis among young women in the United States. *Cancer*. 2018;124(17):3500–3509. doi: 10.1002/cncr.31638
  33. Desai VB, Wright JD, Gross CP, et al. Prevalence, characteristics, and risk factors of occult uterine cancer in presumed benign hysterectomy. *Am J Obstet Gynecol*. 2019;221(1):39.e1–39.e14. doi: 10.1016/j.ajog.2019.02.051
  34. Bianchi FP, Gallone MS, Fortunato F, et al. Epidemiology and cost of cervical cancer care and prevention in Apulia (Italy), 2007/2016. *Ann Ig*. 2018;30(6):490–501. doi: 10.7416/ai.2018.2249
  35. Castle PE, Kinney WK, Xue X, et al. Role of screening history in clinical meaning and optimal management of positive cervical screening results. *J Natl Cancer Inst*. 2019;111(8):820–827. doi: 10.1093/jnci/djy192
  36. Taitt HE. Global trends and prostate cancer: A review of incidence, detection, and mortality as influenced by race, ethnicity, and geographic location. *Am J Mens Health*. 2018;12(6):1807–1823. doi: 10.1177/1557988318798279
  37. Siraziev AM, Khasanova GR, Ulyanin MY. Risk factors of prostate cancer. *Meditsinskiy Al'manakh*. 2019;(3-4(60)):110–114. (In Russ.) doi: 10.21145/2499-9954-2019-3-110-114
  38. Thanikachalam K, Khan G. Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients*. 2019;11(1):164. doi: 10.3390/nu11010164
  39. Loomans-Kropp HA, Umar A. Increasing incidence of colorectal cancer in young adults. *J Cancer Epidemiol*. 2019;2019:9841295. doi: 10.1155/2019/9841295
  40. Mauri G, Sartore-Bianchi A, Russo AG, Marsoni S, Bardelli A, Siena S. Early-onset colorectal cancer in young individuals. *Mol Oncol*. 2019;13(2):109–131. doi: 10.1002/1878-0261.12417
  41. Siegel RL, Wagle NS, Cercek A, Smith RA, Jemal A. Colorectal cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin*. 2023;73(3):233–254. doi: 10.3322/caac.21772
  42. Shirulina NG, Stasenkov VL, Turchaninov DV, Sohoshko IA. Nutrition and dietary habits associated with risk of colorectal cancer in the population of Omsk region: Case-control study. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2019;18(1):67–73. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-1-67-73
  43. Sarabi MM, Khorramabadi RM, Zare Z, Eftekhari E. Polyunsaturated fatty acids and DNA methylation in colorectal cancer. *World J Clin Cases*. 2019;7(24):4172–4185. doi: 10.12998/wjcc.v7.i24.4172
  44. Picetti R, Deeney M, Pastorino S, et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res*. 2022;210:112988. doi: 10.1016/j.envres.2022.112988
  45. Deryabkina LA, Marchenko BI, Tarasenko KS. Assessment of carcinogenic risk caused by elevated 3,4-benz(a)pyrene concentration in soils in an industrial city. *Health Risk Analysis*. 2022;(1):27–35. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.03.eng

**Сведения об авторах:**

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

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

**Тарасенко** Карина Сергеевна – аспирант Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»; e-mail: ktarasenko@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-7200>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования; управление проектом; статистическая и аналитическая обработка; *Марченко Б.И.*; интерпретация результатов; написание текста статьи; сбор материала, ресурсы и программное обеспечение; методология; обучение искусственной нейронной сети; моделирование многолетней динамики и прогнозирование; *Нестерова О.А.*; обзор публикаций по теме статьи; формирование и анализ баз данных; проверка и редактирование материала; ответственность за целостность всех частей статьи: *Тарасенко К.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 31.05.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

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

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

Karina S. **Tarasenko**, Postgraduate, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: ktarasenko@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-7200>.

**Author contributions:** study conception and design, managing the project, statistical and analytical data processing, interpretation the results, writing the manuscript: *Marchenko B.I.*; data collection, resources, software, and methodology, artificial neural network teaching, modeling of long-term dynamics and forecasting: *Nesterova O.A.*; literature review on the topic, creating and analyze databases, checking and edition the manuscript, integrity of all its parts: *Tarasenko K.S.* 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 31, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023



## Каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора

Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, С.В. Бабина, А.И. Кучуков

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

### Резюме

**Введение.** Решение проблем, связанных с уменьшением заболеваемости и смертности населения, увеличением продолжительности жизни, является одной из стратегических целей развития Российской Федерации.

**Цель исследования:** совершенствование подходов к оценке предотвращенных потерь здоровью населения в результате контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора.

**Материалы и методы.** Впервые предложена новая каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в тройственной системе «контрольно-надзорная деятельность Роспотребнадзора – показатели качества среды обитания – здоровье населения». Получено 35 новых нейросетевых моделей для описания связей между факторами, характеризующими деятельность Роспотребнадзора, и показателями качества среды обитания. Разработаны новые подходы, позволяющие выполнить оценку сокращения числа лет модифицированного показателя ожидаемой продолжительности жизни, характеризующего продолжительность здоровой жизни, по предотвращенным случаям заболеваний и смертей.

**Результаты.** Для иллюстрации работоспособности предложенных подходов выполнена апробация на примере Российской Федерации в целом. Результаты оценочных расчетов показали, что доля предотвращенных случаев заболеваемости от фактических уровней для всего населения варьируется от 0,8 до 32,6 % в зависимости от класса заболеваний, а доля предотвращенных случаев смертности – от 1,8 до 13,4 %. Всего около 4,8 % случаев от общей заболеваемости и 2,6 % случаев от общей смертности предотвращено в результате контрольно-надзорной деятельности, при этом предотвращенные потери модифицированного показателя ожидаемой продолжительности жизни составили в целом около 1,14 года.

**Выводы.** Результаты работы в дальнейшем могут быть использованы для оценки связанных с потерями здоровьем экономических ущербов и оценки эффективности и результативности контрольно-надзорной деятельности. Для выявления приоритетных видов деятельности и мероприятий контрольно-надзорной деятельности требуется проведение дополнительных численных экспериментов, что может являться предметом дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** потери здоровью, ассоциированные и предотвращенные случаи, заболеваемость и смертность населения, показатели деятельности, нейросетевое моделирование, регрессионные модели, ожидаемая продолжительность жизни.

**Для цитирования:** Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М., Бабина С.В., Кучуков А.И. Каскадная модель для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в результате контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 11. С. 27–36. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-27-36

## Cascade Model for Assessing and Predicting Health Losses Prevented through Control and Supervisory Activities of Rospotrebnadzor

Dmitry A. Kiryanov, Marat R. Kamaltdinov, Mikhail Yu. Tsinker, Vladimir M. Chigvintsev,  
Svetlana V. Babina, Arthur I. Kuchukov

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

### Summary

**Introduction:** Solving problems related to reducing morbidity and mortality of the population and increasing life expectancy is one of the strategic goals of the development of the Russian Federation.

**Objective:** To improve approaches to assessing losses to public health prevented through control and supervisory activities of the bodies and institutions of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor).

**Materials and methods:** For the first time, a new cascade model has been proposed for assessing and predicting prevented health losses in the triple system “control and supervisory activities of Rospotrebnadzor – environmental quality indicators – population health.” Thirty-five new neural network models were obtained to describe the relationships between factors characterizing the activities of Rospotrebnadzor and indicators of the quality of environmental media. New approaches have been developed to estimate the decrease in the modified indicator of life expectancy, which describes healthy life expectancy, based on prevented disease and death cases.

**Results:** The proposed approaches were tested using the example of the Russian Federation as a whole. The estimates showed that the proportion of prevented cases relative to actual levels for the entire population ranged from 0.8 % to 32.6 % depending on the disease category while the proportion of averted deaths ranged from 1.8 % to 13.4 %. In total, about 4.8 % of cases of total morbidity and 2.6 % of cases of all-cause mortality were prevented as a result of control and surveillance activities, while the prevented loss of modified life expectancy was about 1.14 years.

**Conclusions:** The results of this work can be used in the future to assess economic losses associated with health damage and to evaluate the efficiency of control and supervisory activities. To establish priority types of the latter, additional numerical experiments are required, which may be the subject of further research.

**Keywords:** health loss, associated and prevented cases, morbidity and mortality of the population, performance indicators, neural network modeling, regression models, life expectancy.

**For citation:** Kiryanov DA, Kamaltdinov MR, Tsinker MYu, Chigvintsev VM, Babina SV, Kuchukov AI. Cascade model for assessing and predicting health losses prevented through control and supervisory activities of Rospotrebnadzor. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(11):27–36. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-27-36

**Введение.** Решение проблем, связанных с уменьшением показателей заболеваемости и смертности, увеличением ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) населения, является одной из стратегических целей развития Российской Федерации (РФ). Согласно указу президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», установлен целевой показатель повышения ОПЖ до 78 лет<sup>1</sup>. В рамках «Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года»<sup>2</sup> планируется снижение смертности от всех причин до 11,5 на 1000 населения, в том числе за счет приоритетных причин – болезни системы кровообращения, новообразований.

В многочисленных исследованиях показано влияние факторов среды обитания, в том числе загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, почв селитебных территорий, на показатели заболеваемости и смертности населения [1–8]. Кроме того, негативное воздействие на здоровье населения оказывают физические факторы (шум, вибрация, электромагнитное излучение), социально-экономические и др. [9] В свою очередь, дополнительная, связанная с воздействием факторов, смертность, приводит к уменьшению ожидаемой продолжительности жизни, а заболеваемость – к уменьшению продолжительности здоровой жизни [10]. Часть дополнительной (ассоциированной) заболеваемости и смертности может быть снижена за счет управленческих и/или профилактических действий, в том числе в результате деятельности органов и организаций Роспотребнадзора [11]. В этом случае можно оперировать понятиями «предотвращенная заболеваемость и смертность», количественные выражения которых, по сути, являются мерой сохранения здоровья [12]. По ассоциированным и предотвращенным случаям может быть выполнена оценка экономических ущербов [13–19].

Традиционным способом оценки и прогноза ассоциированных и предотвращенных потерь здоровья является использование множественных линейных регрессионных моделей в тройственной системе «контрольно-надзорная деятельность (КНД) Роспотребнадзора – качество объектов окружающей среды – заболеваемость и смертность населения» [20]. Особенно популярно использование линейных моделей для звена «показатели качества среды обитания – показатели заболеваемости и смертности населения». К основным преимуществам линейных моделей относится простота интерпретации полученных результатов, очевидность вкладов воздействующих факторов. В некоторых исследованиях показано, что по сравнению с нейронными сетями регрессионные модели обладают сопоставимой точностью при прогнозировании [21]. Тем не менее, когда число воздействующих факторов измеряется десятками, представляется целесообразным исполь-

зование нейросетевых моделей, имеющих отличную предсказательную силу [22–31]. Использование комбинированных моделей на основе Ли-Картер алгоритма и нейронных сетей позволяет повысить точность прогнозных оценок [32].

К недостаткам и ограничениям рассмотренных подходов следует отнести монокомпонентность рассматриваемых откликов со стороны здоровья. Кроме того, для идентификации параметров и успешного построения точной нейронной сети требуется большое количество данных, особенно при многофакторном воздействии. В этой связи авторы статьи предлагают новый современный подход, позволяющий преодолеть указанные проблемы.

**Целью исследования** является совершенствование подходов к оценке предотвращенных потерь здоровью населения в результате контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- предложена новая концептуальная схема каскадной модели для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в тройственной системе «КНД Роспотребнадзора (РПН) – показатели качества среды обитания (СО) – здоровье населения»;
- для снижения размерности входных данных выполнен факторный анализ показателей КНД Роспотребнадзора;
- выполнено нейросетевое моделирование для установления связей между общими факторами, полученными в результате факторного преобразования, и показателями качества СО;
- определены параметры множественных регрессионных моделей между показателями качества СО и заболеваемостью по классам заболеваний, смертностью по причинам болезней с учетом деления на возрастные группы;
- выполнена оценка предотвращенных случаев заболеваемости и смертности населения, а также связанных с ними предотвращенных потерь ожидаемой продолжительности жизни за счет КНД в целом по Российской Федерации.

Таким образом, в рамках представленной статьи предлагается инновационный подход с комбинированным использованием линейных регрессионных и нейросетевых моделей. В результатах работы приводится сравнение с оценками, полученными по классической схеме «КНД Роспотребнадзора – качество объектов окружающей среды – заболеваемость и смертность населения» с использованием только линейных моделей.

**Материалы и методы.** В работе использованы методы системного анализа, математического моделирования, статистического, регрессионного и нейросетевого анализа.

На рисунке приведена схема предлагаемой каскадной модели для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью. В соответствии

<sup>1</sup> О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации № 474 от 21 июля 2020 года [Электронный ресурс]. Официальные сетевые ресурсы Президента России. 2020. Доступно по: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (дата обращения: 22.11.2023).

<sup>2</sup> Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 01.10.2021 № 2765-р [Электронный ресурс]. Официальный сайт Минэкономразвития России. 2021. Доступно по: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/edinyy\\_plan\\_po\\_dostizheniyu\\_nacionalnyh\\_celuy\\_razvitiya\\_rossiyskoy\\_federacii\\_na\\_period\\_do\\_2024\\_goda\\_i\\_na\\_planovyy\\_period\\_do\\_2030\\_goda.html](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/edinyy_plan_po_dostizheniyu_nacionalnyh_celuy_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2024_goda_i_na_planovyy_period_do_2030_goda.html) (дата обращения: 22.11.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-27-36>  
Original Research Article

со схемой выполняется последовательная процедура расчета потерь здоровью, не предусматривающая возвращение на предыдущие этапы. Указанные на схеме связи помимо статистической значимости должны удовлетворять критериям медико-биологических экспертиз между воздействующими показателями и ответами. Следует отметить, что при построении моделей прочие специфичные факторы, характеризующие региональные особенности (климатические особенности, характер питания, национальность и пр.) и влияющие на здоровье, не учитывались.

В качестве первичного звена в предложенной схеме рассматриваются только показатели контрольно-надзорной деятельности, приведенные в форме ведомственного статистического наблюдения: Форма 1 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора», а также другие показатели, которые могут быть получены расчетным путем из показателей формы. На основе экспертного анализа специалистами в области организации здравоохранения и медицины было отобрано более 1000 показателей КНД, которые могут оказывать влияние на качество среды обитания. Для снижения размерности матрицы исходных данных проведен факторный анализ системы показателей КНД Роспотребнадзора по данным 2010–2021 гг. в разрезе субъектов Российской Федерации. Перед факторным анализом выполнена предварительная подготовка данных с учетом:

– удаления показателей с малым числом наблюдений;

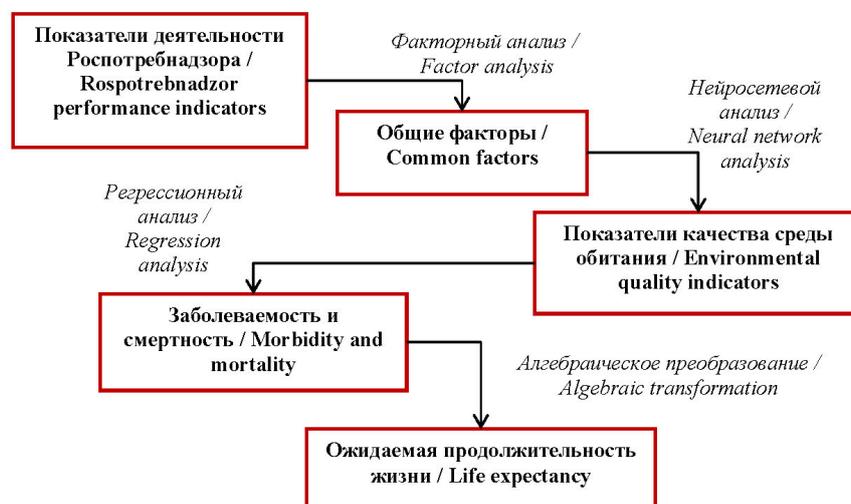
– процедуры заполнения пустот, которая основана на подстановке среднего значения для конкретного региона РФ по временному ряду 2010–2021 гг.; если для региона отсутствуют данные для всего временного ряда, тогда используются средние значения по всей исходной выборке;

– заполнения матрицы экспертных оценок потенциальных связей между показателями, характеризующих контрольно-надзорную деятельность Роспотребнадзора, и факторами СО (доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам).

В табл. 1 приведены результаты снижения размерности исходных данных (шести факторных анализов).

В качестве экспозиции факторов среды обитания (показатели качества СО на схеме) выступают доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, по данным федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ). Связь между общими факторами, характеризующими деятельность Роспотребнадзора (РПН), и показателями качества среды обитания устанавливается методами нейросетевого анализа. Построение нейронных сетей проводилось с использованием библиотеки *neuralnet* в программном продукте R. Идентификация параметров нейросети выполнялась методом обратного распространения (Back Propagation). Для каждого показателя качества среды обитания построена собственная нейросетевая модель по принципу «множество входов – один выход». В каждом случае подбирались оптимальная двуслойная модель. Перебор количества нейронов осуществлялся между 3 и 8 на первом внутреннем слое и между 2 и 6 на втором внутреннем слое, при этом на втором слое всегда использовалось меньшее количество нейронов, чем на первом внутреннем слое. Обучение сети проводилось на случайно выбранных 75 % наблюдений. Проверка нейросетевой модели выполнялась на контрольной выборке (остальные 25 % наблюдений). При построении моделей использован временной лаг в 1 год, то есть предположение, что действия Роспотребнадзора в текущем календарном году проявляются в изменении показателей среды обитания только в следующем календарном году. Все построенные сети имеют два внутренних слоя нейронов, также можно отметить, что чаще всего на первом слое содержится четыре нейрона, а на втором – два нейрона. Всего построено 35 нейросетевых моделей – только для тех показателей качества среды обитания, по которым получены множественные регрессионные модели с заболеваемостью и смертностью населения.

Для оценки связей между показателями качества СО и заболеваемостью и смертностью населения



**Рисунок.** Схема каскадной модели для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью  
**Figure.** Scheme of a cascade model for assessing and predicting prevented health losses

Таблица 1. Результаты факторного анализа

Table 1. Results of the factor analysis

Показатель / Indicator	Число показателей контрольно-надзорной деятельности / Number of indicators of control and supervisory activities	Число общих факторов / Number of common factors
% исследованных проб (ИП) атмосферного воздуха с превышением ПДК (предельно допустимых концентраций) / % of tested samples (TS) of ambient air with excess of MAC (maximum allowable concentrations)	515	138
% ИП питьевой воды, превышающий ПДК / % TS of drinking water with excess of MAC	42	13
% ИП почв, не соответствующих гигиеническим нормативам / % TS of soils noncompliant with hygienic standards	527	135
% объектов, обследованных лабораторно, не соответствующих санитарным нормам (% ОЛ НН) по шуму / % of tested objects noncompliant with noise regulations	545	142
% ОЛ НН по вибрации / % of tested objects noncompliant with vibration regulations	391	111
% ОЛ НН по электромагнитному излучению / % of tested objects noncompliant with electromagnetic radiation regulations	99	31

использованы линейные множественные регрессионные модели. В качестве ответов со стороны здоровья населения выступают показатели заболеваемости по классам болезней, а также показатели смертности по основным классам болезней в разрезе субъектов Российской Федерации за 2010–2022 гг. в разрезе трех непересекающихся возрастных групп (детское население (0–17), население трудоспособного возраста, население старше трудоспособного возраста). Данные по смертности в разрезе данных возрастных групп представлены в ежегодных статистических сборниках «Медико-демографические показатели Российской Федерации» Министерства здравоохранения России. Данные по заболеваемости получены из ежегодных статистических сборников «Заболеваемость населения России» ФГБУ «Центрального научно-исследовательского института организации и информатизации здравоохранения» и в процессе подготовки были пересчитаны для этих же трех непересекающихся возрастных групп. Заболеваемость детского населения (0–17) получена через суммирование заболеваемости детей (0–14) и подростков (15–17); заболеваемость трудоспособного возраста получена через разность заболеваемости взрослого населения и заболеваемости населения старше трудоспособного возраста. Общий вид зависимости представлен множественной регрессионной моделью:

$$y_{jk} = a_{0jk} + \sum_i a_{ijk} x_i, \quad (1)$$

где  $y_{jk}$  – заболеваемость или смертность населения по  $j$ -й причине для  $k$ -й возрастной группы, сл./100 000 населения);

$x_i$  – значение  $i$ -го показателя качества CO;

$a_{0jk}$  – коэффициент модели, обозначающий фоновый уровень показателя здоровья при нулевом значении показателя качества среды обитания;

$a_{ijk}$  – коэффициенты модели, характеризующие влияние  $i$ -го показателя качества CO на показатель смертности или заболеваемости населения по  $j$ -й причине для  $k$ -й возрастной группы.

Коэффициент  $a_{ijk}$  характеризует изменение отчета (показателя заболеваемости или смертности) в сл./100 000 населения при изменении фактора на единицу (например, на 1 % проб, не соответствующих нормативу). Количество случаев нарушений здоровья, предотвращенных в результате КНД Роспотребнадзора,

определяется по всей каскадной схеме как разность оценок, полученных в двух сценариях: при фактических уровнях показателей КНД и минимально возможных (нулевых). Коэффициенты моделей (1) определяются методом наименьших квадратов.

Разработаны новые подходы, позволяющие выполнить оценку сокращения числа лет модифицированного показателя ОПЖ по предотвращенным случаям заболеваний и смертей в возрастных группах, для которых получены модели (1). Отличие данного показателя от обычного ОПЖ заключается в том, что он учитывает в себе предотвращенные потери здоровью не только за счет смертности, но и за счет заболеваемости, то есть характеризует предотвращенные потери продолжительности здоровой жизни. Модифицированный показатель ожидаемой продолжительности жизни рассчитывается стандартным алгебраическим расчетом на основе модифицированных повозрастных коэффициентов смертности  $s'_l$ , рассчитываемых по формуле:

$$s'_l = s_{fl} - L_l \sum_i (\Delta s_{ijk} + g_j \Delta z_{ijk}), \quad l \in k \quad (2)$$

где  $s_{fl}$  – фактический показатель смертности в  $l$ -й пятилетней возрастной группе,

$L_l$  – коэффициент перерасчета модифицированного коэффициента смертности из  $k$ -й возрастной группы в  $l$ -ю пятилетнюю группу,

$\Delta s_{ijk}$  – значение показателя смертности населения по  $j$ -й причине для  $k$ -й возрастной группы, предотвращенное в результате влияния КНД на  $i$ -й показатель качества CO;

$\Delta z_{ijk}$  – значение показателя смертности населения по  $j$ -й причине для  $k$ -й возрастной группы, предотвращенное в результате влияния КНД на  $i$ -й показатель качества CO;

$g_j$  – показатель тяжести для  $j$ -го заболевания.

Предотвращенные случаи смерти складываются с предотвращенными случаями заболеваний, умноженными на тяжесть, в крупной возрастной группе  $k$  (детское население, население трудоспособного возраста, население старше трудоспособного возраста). Таким образом, получается предотвращенный модифицированный коэффициент смертности в  $k$ -й возрастной группе. Для переноса этого коэффициента на пятилетний возрастной интервал  $l$  используется поправочный коэффициент  $L_l$ . Значение коэффициента

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-27-36>  
Original Research Article

$L_1$  равно 1/3 для пятилетних возрастов до 14 лет, 1/9,5 для возрастов – от 15 до 64 лет, 1/5 для пятилетних возрастов – старше 65 лет.

**Результаты.** Для иллюстрации работоспособности предложенных подходов выполнена апробация на примере Российской Федерации в целом. В табл. 2, 3

приведены результаты оценки абсолютных и относительных (на 100 000 населения) предотвращенных случаев за счет КНД, а также доли предотвращенных случаев от фактических показателей здоровья в 2022 г. в целом по РФ с агрегацией по причинам заболеваемости и смертности.

**Таблица 2. Результаты оценки абсолютных и относительных (на 100 000 населения) предотвращенных случаев за счет КНД, а также доли предотвращенных случаев от фактической заболеваемости в 2022 г. в целом по РФ по классам заболеваний**

**Table 2. Results of assessing the number and rate (per 100,000 population) of disease cases prevented through control and surveillance activities, as well as the proportion of prevented cases to those registered in 2022 in the Russian Federation as a whole by disease category**

Класс заболеваний / Disease category	Единицы измерения / Units	Детское население / Child population	Взрослое население трудоспособного возраста / Working-age population	Взрослое население пенсионного возраста / Elderly population	Все население / Total population
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and adnexa	<i>n</i>	15 546	20 743	11672	47 961
	сл./100 000 / cases/100,000	56,9	24,9	33,3	32,9
	% от факт. / % of registered	1,5 %	1,6 %	1,2 %	1,4 %
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	<i>n</i>	22 910	11 722	6690	41 322
	сл./100 000 / cases/100,000	83,9	14,1	19,1	28,4
	% от факт. / % of registered	1,5 %	0,5 %	0,7 %	0,8 %
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	<i>n</i>	106 962	670 064	406 011	1 183 037
	сл./100 000 / cases/100,000	391,6	805,1	1159,6	812,8
	% от факт. / % of registered	16,8 %	35,8 %	39,6 %	32,6 %
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism	<i>n</i>	27 692	13 302	7017	48 011
	сл./100 000 / cases/100,000	101,4	16,0	20,0	33,0
	% от факт. / % of registered	11,3 %	7,9 %	13,4 %	10,1 %
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	<i>n</i>	22 670	83 005	21 587	127 262
	сл./100 000 / cases/100,000	83,0	99,7	61,7	87,4
	% от факт. / % of registered	3,9 %	2,3 %	2,2 %	2,4 %
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	<i>n</i>	23 619	13 719	11 735	49 072
	сл./100 000 / cases/100,000	86,5	16,5	33,5	33,7
	% от факт. / % of registered	3,0 %	1,8 %	5,3 %	2,7 %
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	<i>n</i>	1 496 511	942 531	371 501	2 810 543
	сл./100 000 / cases/100,000	5478,2	1132,5	1061,0	1930,9
	% от факт. / % of registered	5,4 %	5,1 %	5,5 %	5,2 %
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	<i>n</i>	165 269	281 510	92 415	539 194
	сл./100 000 / cases/100,000	605,0	338,2	263,9	370,4
	% от факт. / % of registered	13,0 %	16,5 %	12,3 %	14,1 %
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	<i>n</i>	18 086	7	37 269	55 362
	сл./100 000 / cases/100,000	66,2	0,0	106,4	38,0
	% от факт. / % of registered	13,4 %	0,0 %	1,8 %	1,3 %
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases	<i>n</i>	9435	11 635	9838	30 908
	сл./100 000 / cases/100,000	34,5	14,0	28,1	21,2
	% от факт. / % of registered	2,6 %	1,6 %	2,2 %	1,9 %
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the eye and adnexa	<i>n</i>	21 912	27 032	16 968	65 912
	сл./100 000 / cases/100,000	80,2	32,5	48,5	45,3
	% от факт. / % of registered	2,3 %	2,2 %	2,2 %	2,2 %
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения / Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities	<i>n</i>	3577	0	0	3577
	сл./100 000 / cases/100,000	13,1	0,0	0,0	2,5
	% от факт. / % of registered	1,5 %	0	0	1,5 %
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни / Certain infectious and parasitic diseases	<i>n</i>	128 802	97 191	22 254	248 248
	сл./100 000 / cases/100,000	471,5	116,8	63,6	170,5
	% от факт. / % of registered	9,3 %	8,2 %	5,5 %	8,3 %
Новообразования / Neoplasms	<i>n</i>	4128	12175	5822	22124
	сл./100 000 / cases/100,000	15,1	14,6	16,6	15,2
	% от факт. / % of registered	3,7 %	1,7 %	1,0 %	1,5 %
Всего / Total	<i>n</i>	2 067 121	2 184 635	1 020 778	5 272 535
	сл./100 000 / cases/100,000	7567,0	2624,9	2915,4	3622,3
	% от факт. / % of registered	5,1 %	4,5 %	5,1 %	4,8 %

**Таблица 3. Результаты оценки абсолютных и относительных (на 100 000 населения) предотвращенных случаев за счет КНД, а также доли предотвращенных случаев от фактической смертности в 2022 г. в целом по РФ по классам заболеваний****Table 3. Results of assessing the number and rate (per 100,000 population) of deaths prevented through control and surveillance activities, as well as the proportion of prevented deaths to those registered in 2022 in the Russian Federation as a whole by cause of death**

Причина смерти / Cause of death	Единицы измерения / Units	Детское население / Child population	Взрослое население трудоспособного возраста / Working-age population	Взрослое население пенсионного возраста / Elderly population	Все население / Total population
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	<i>n</i>	93	4512	7823	12 427
	сл./100 000 / cases/100,000	0,3	5,4	22,3	8,5
	% от факт. / % of registered	15,8 %	23,4 %	10,7 %	12,6 %
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	<i>n</i>	44	11 915	2754	14 712
	сл./100 000 / cases/100,000	0,2	14,3	7,9	10,1
	% от факт. / % of registered	29,0 %	28,4 %	4,4 %	13,4 %
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	<i>n</i>	16	3810	19 817	23 642
	сл./100 000 / cases/100,000	0,1	4,6	56,6	16,2
	% от факт. / % of registered	4,0 %	2,9 %	2,6 %	2,5 %
Злокачественные новообразования / Malignant neoplasms	<i>n</i>	0	430	4872	5302
	сл./100 000 / cases/100,000	0,0	0,5	13,9	3,6
	% от факт. / % of registered	0,0 %	0,7 %	2,2 %	1,8 %
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни / Certain infectious and parasitic diseases	<i>n</i>	32	1054	316	1401
	сл./100 000 / cases/100,000	0,1	1,3	0,9	1,0
	% от факт. / % of registered	7,3 %	4,4 %	7,1 %	4,6 %
Всего / Total	<i>n</i>	183	21 720	35 581	57 484
	сл./100 000 / cases/100 000	0,7	26,1	101,6	39,5
	% от факт. / % from actual	1,3 %	5,1 %	2,2 %	2,6 %

Наибольшее количество предотвращенных случаев по заболеваемости населения наблюдается по классам болезней органов дыхания – 2 810 543 случая (1930,9 случая на 100 000 населения), болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани – 1 183 037 (812,8 случая на 100 000 населения), болезней органов пищеварения – 539 194 случая (370,4 случая на 100 000 населения). По предотвращенным случаям смерти лидирующее место занимают следующие причины: болезни системы кровообращения – 23 642 (16,2 случая на 100 000 населения), болезни органов пищеварения – 14 712 случаев (10,1 случая на 100 000 населения), болезни органов дыхания – 12 427 случаев (8,5 случая на 100 000 населения).

Результаты показали, что доля предотвращенных случаев заболеваемости от фактических уровней для всего населения варьируется от 0,8 до 32,6 % в зависимости от класса заболеваний. Всего около 4,8 % случаев от общей заболеваемости предотвращено в результате КНД. Доля предотвращенных случаев смертности от фактических уровней для всего населения варьируется от 1,8 до 13,4 % в зависимости от класса причин смерти. Всего около 2,6 % случаев от общей смертности предотвращено в результате КНД. Предотвращенные потери модифицированного показателя ОПЖ за счет КНД составили в целом около 1,14 года.

**Обсуждение.** Оценки, полученные по классической схеме «КНД Роспотребнадзора – показатели СО – заболеваемость и смертность населения» с использованием только линейных моделей показывают, что в результате КНД предотвращено

около 4,3 млн случаев заболеваний и 32 тыс. случаев смертей, что на 18,4 и 45,3 % соответственно ниже уровней, полученных с комбинированным использованием линейных регрессионных и нейросетевых моделей (табл. 2, 3). Данный результат объясняется тем, что нейросетевые модели позволяют уловить более тонкие зависимости между фактором и ответом, которые могут быть не обнаружены в рамках линейного подхода. По данным исследований десятилетней давности [11] 2013 г. предотвращено порядка 160 тыс. случаев смертей и более 2 млн случаев заболеваний, которые состоялись бы в условиях отсутствия адекватных контрольно-надзорных мер в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Можно видеть разнонаправленный характер изменений, за 10 лет количество предотвращенных случаев заболеваний выросло примерно в 2–2,5 раза, а предотвращенная смертность показала снижение в 5 раз. Таким образом, управляемая смертность достигла некоторого предела насыщения и дальнейшего повышение показателей КНД не будет оказывать значимого эффекта.

Следует отметить, что на данные за 2020–2022 гг. значительное влияние оказало распространение инфекции COVID-19, кроме того, нормативное регулирование КНД в этот период претерпело существенные изменения. В то же время данные последних лет являются самыми актуальными, наиболее адекватно характеризующими текущую ситуацию в исследуемом процессе, поэтому их исключение может оказать критическое значение. Дополнительно отметим, что 2–3 года в статистической информации – это только

около 20 % от всех наблюдений, поэтому их вес при построении моделей не является высоким. Также наблюдается преимущественная однонаправленность изменения показателей по заболеваемости и смертности при расширении диапазона данных на новый год, что не влияет на вариативность показателей, а только корректирует коэффициенты моделей. С учетом представленных доводов сделан вывод о целесообразности использования данных за все имеющиеся в статистической информации года для построения математических моделей без внесения дополнительных корректировок.

Апробация предложенных подходов показала их применимость для получения адекватных оценок. Окончательные выводы об эффективности новых подходов с использованием нейросетевых моделей можно будет делать после проведения более обширной программы численных экспериментов. Следует отметить, что в ходе исследования результаты сценарного прогнозирования показали, что построенные нейросетевые модели обладают разной чувствительностью к изменению вектора входных переменных. В этой связи целесообразно выполнить расширенное исследование построенных нейросетей на устойчивость и чувствительность к изменению входных данных. Одним из вариантов решения указанной проблемы является проведение предварительного корреляционно-регрессионного анализа для отбора значимых показателей КНД, другой вариант – устранение слабовлияющих показателей из рассмотрения по результатам прогноза построенной нейронной сети.

**Ограничение исследования.** При пополнении временного ряда новыми данными требуется перепостроение нейросетевых моделей, так как используемые алгоритмы не предполагают дообучение. В этом случае возникает существенная потребность в вычислительных и временных ресурсах для повторного построения актуальных моделей. Кроме того, построенные модели работают только на том диапазоне значений входных переменных, на которых они обучены, что ограничивает их предсказательную силу.

**Заключение.** Таким образом, предложена новая концептуальная схема для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь здоровью в тройственной системе «контрольно-надзорная деятельность Роспотребнадзора – среда обитания – здоровье населения». Получены новые коэффициенты нейросетевых моделей и коэффициенты модели факторного преобразования, позволяющие выполнять сценарное прогнозирование значений показателей СО в зависимости от значений показателей, характеризующих контрольно-надзорную деятельность. Разработан новый инструментарий для оценки и прогнозирования предотвращенных потерь (случаи заболевания, смерти) в результате контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора.

Результаты работы в дальнейшем могут быть использованы для оценки связанных с потерями здоровью экономических ущербов и оценки эффективности и результативности КНД. Для выявления

приоритетных видов деятельности и мероприятий КНД требуется проведение дополнительных численных экспериментов, что может являться предметом дальнейших исследований. Также в качестве возможных путей развития следует отметить задачу автоматизации (разработки программного обеспечения) для оперативного выполнения расчетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Валина С.Л. и др. Заболеваемость взрослого населения селитебных территорий в зоне влияния предприятий алюминиевого и целлюлозно-бумажного производства, ассоциированная с воздействием химических факторов риска // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2017. № 2. С. 222–231.
2. Алексеев В.Б., Клейн С.В., Вековщина С.А., Андришунас А.М., Глухих М.В. Приоритетные факторы нарушения здоровья населения Российской Федерации, ассоциированные с качеством питьевой воды систем централизованного водоснабжения // Здоровоохранение Российской Федерации. 2022. Т. 66. № 5. С. 366–374. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-366-374
3. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Khimatullin DR. Calculating the number of disease cases associated with acute short-term exposure to harmful chemicals in ambient air. *Health Risk Analysis*. 2023;(2):69-79. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.06.eng
4. Nikiforova NV, Zaitseva NV, Kleyn SV. On assessing the morbidity of the population associated with the atmospheric air quality on the example of a Russian constituent entity. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(4):73-88. doi: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-73-88
5. Дорохин С.А., Бакутина Ю.Ю., Васильева М.В., Мелихова Е.П., Скребнева А.В. Структура заболеваемости населения ассоциированная с водным фактором // Молодежный инновационный вестник. 2018. Т. 7. № S3. С. 22.
6. Гриценко Т.Д., Просвирякова И.А., Соколов С.М., Пшегорода А.Е. Анализ заболеваемости населения, ассоциированной с многокомпонентным загрязнением атмосферного воздуха населенных мест // Здоровье и окружающая среда. 2022. № 32. С. 16–21.
7. Goryaev DV, Tikhonova IV. Peculiarities of territorial distribution and dynamics in rates of population noncommunicable diseases in the Krasnoyarsk region associated with the influence of environmental risk factors. *Health Risk Analysis*. 2016;(4):49-57. doi: 10.21668/health.risk/2016.4.07.eng
8. Дрововозова Т.И., Гутенев В.В. Оценка ущерба, наносимого здоровью человека недоброкачественной питьевой водой // Экология урбанизированных территорий. 2007. №. 4. С. 71–73.
9. Клейн С.В., Глухих М.В. Оценка потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения с использованием искусственных нейронных сетей // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 11. С. 1424–1431. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1424-1431
10. Алишева А.А. Влияние модифицируемых факторов риска на продолжительность жизни (обзорная статья) // Фармация Казахстана. 2022. № 4. С. 5–10.
11. Zaitseva NV, May IV, Shur PZ, Kiryanov DA. Methodological approaches for assessment performance and economical efficiency of the risk-oriented control and supervision of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-being Surveillance (Rosпотребнадзор). *Health Risk Analysis*. 2014;(1):4-13.
12. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Istorik OA, Stepanov EG, Davletnurov NKh, Efremov VM. On assessment of

- Rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency in regions: Assessment criteria being prevented economic losses caused by population morbidity and mortality and associated with negative impacts exerted by environmental factors. *Health Risk Analysis*. 2017;(3):12-20. doi: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng
13. Баланова Ю.А., Концевая А.В., Мырзаматова А.О., Муканеева Д.К., Худяков М.Б., Драпкина О.М. Экономический ущерб от артериальной гипертензии, обусловленный ее вкладом в заболеваемость и смертность от основных хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2020. Т. 16. № 3. С. 415–423. doi: 10.20996/1819-6446-2020-05-03
  14. Сапунова И.Д., Концевая А.В., Мырзаматова А.О. и др. Экономический ущерб от курения, ассоциированный с четырьмя группами хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации в 2016 году // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. Т. 18. № 6. С. 6–12. doi: 10.15829/1728-8800-2019-6-6-12
  15. Муканеева Д.К., Концевая А.В., Карамнова Н.С., Мырзаматова А.О., Худяков М.Б., Драпкина О.М. Экономический ущерб от недостаточного потребления овощей и фруктов в России // Экология человека. 2020. № 9. С. 28–35. doi: 10.33396/1728-0869-2020-9-28-35
  16. Брутова А.С., Обухова О.В., Базарова И.Н. Экономические потери Российской Федерации от заболеваемости населения за 2012–2014 гг. // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2017. Т. 28. № 2. С. 44–48.
  17. Шарафутдинова Н.Х., Мухаметзянов А.М., Павлова М.Ю., Киреева Э.Ф. Потери здоровья населения Уфы в связи со смертностью от цереброваскулярных заболеваний // Профилактическая медицина. 2014. Т. 17. № 5. С. 13–16.
  18. Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. и др. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта "Чистый воздух" на примере комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 330. № 9. С. 48–60. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
  19. Ананьев В.Ю., Шахгельдян К.И., Гмарь Д.В., Теук К.А., Транковская Л.В., Гельцер Б.И. Некоторые подходы к повышению эффективности использования ресурсов учреждений Роспотребнадзора // Здоровье населения и среда обитания. 2017. Т. 294. № 9. С. 23–28. doi: 10.35627/2219-5238/2017-294-9-23-28
  20. Попова А.Ю., Брагина И.В., Зайцева Н.В. и др. О научно-методическом обеспечении оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 1. С. 5–9. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-1-5-9
  21. Khojasteh DN, Goudarzi G, Taghizadeh-Mehrjardi R, Asumadu-Sakyi AB, Fehrest-Sani M. Long-term effects of outdoor air pollution on mortality and morbidity-prediction using nonlinear autoregressive and artificial neural networks models. *Atmos Pollut Res*. 2021;12(2):46-56. doi: 10.1016/j.apr.2020.10.007
  22. Gismondi RC, Almeida RVMR, Infantosi AFC. Artificial neural networks for infant mortality modelling. *Comput Methods Programs Biomed*. 2002;69(3):237-247. doi: 10.1016/S0169-2607(02)00006-8
  23. Rapant S, Letkovičová M, Cvečková V, Ďurža A, Fajčíková K, Zach H. Linking of environmental and health indicators by neural networks: Case of breast cancer mortality, Slovak Republic. *Open J Geol*. 2013;3(2):101-112. doi: 10.4236/ojg.2013.32014
  24. Guo C-Y, Liu T-W, Chen Y-H. A novel cross-validation strategy for artificial neural networks using distributed-lag environmental factors. *PLoS ONE*. 2021;16(1):e0244094. doi: 10.1371/journal.pone.0244094
  25. Hainaut D. A neural-network analyzer for mortality forecast. *ASTIN Bulletin*. 2018;48(2):481-508. doi: 10.1017/asb.2017.45
  26. Иванюкович В.А., Скулович О.З., Мухаметшина О.А. Нейросетевое моделирование ожидаемой продолжительности жизни человека // Экологический вестник. 2008. № 1. С. 97–101.
  27. Симонов К.В., Кириллова С.В., Кадена Л. Построение регрессионных моделей на основе нейросетей в задачах экологии человека // Информатизация и связь. 2013. № 5. С. 85–88.
  28. Бесью В.А., Кравец О.Я. Управление уровнем профессиональной заболеваемости в регионе на основе нейросетевого моделирования и прогнозирования // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 2. С. 477–481.
  29. Милькова И.А., Луис К., Симонов К.В. Построение экологических моделей на основе нейросетей // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. Т. 4. № 1. С. 369–377.
  30. Петров С.Б., Жернов Ю.В. Оценка эффективности технологических мероприятий для управления риском здоровью населения при воздействии атмосферных выбросов многотопливных теплоэлектроцентралей // Экология человека. 2022. № 11. С. 761–770. doi: 10.17816/humeco110989
  31. Dmitriev AN, Kotin VV. Time series prediction of morbidity using artificial neural networks. *Biomed Eng*. 2013;47(1):43-45. doi: 10.1007/s10527-013-9331-z
  32. Hong WH, Yap JH, Selvachandran G, Thong PH, Son LH. Forecasting mortality rates using hybrid Lee-Carter model, artificial neural network and random forest. *Complex Intell Syst*. 2021;7:163-189. doi: 10.1007/s40747-020-00185-w

## REFERENCES

1. Zajceva NV, Ustinova OJ, Valina SL, et al. Morbidity of the adult population in resident areas exposed to of aluminum and pulp-and-paper industry enterprises and associated with the chemical risk factors. *Vestnik Permskogo Universiteta. Biologiya*. 2017;(2):222-231. (In Russ.)
2. Alekseev VB, Kleyn SV, Vekovshinina SA, Andrishunas AM, Glukhikh MV. Associated with the drinking water from centralised drinking water supply systems priority factors for deterioration of health of the population in the Russian Federation. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2022;66(5):366-374. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-366-374
3. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Khismatullin DR. Calculating the number of disease cases associated with acute short-term exposure to harmful chemicals in ambient air. *Health Risk Analysis*. 2023;(2):69-79. doi: 10.21668/health.risk/2023.2.06.eng
4. Nikiforova NV, Zaitseva NV, Kleyn SV. On assessing the morbidity of the population associated with the atmospheric air quality on the example of a Russian constituent entity. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(4):73-88. doi: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-73-88
5. Dorokhin SA, Bakutina YuYu, Vasilieva MV, Melikhova EP, Skrebneva AV. [Structure of population morbidity associated with the water factor.] *Molodezhnyy Innovatsionnyy Vestnik*. 2018;7(S3):22. (In Russ.)
6. Gritsenko TD, Prosviryakova IA, Sokolov SM, Pshegroda AE. Analysis of population morbidity, associated

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-27-36>  
Original Research Article

- with multicomponent air pollution in public places. In: Sychik SI, ed. *Health and Environment (Zdorov'e i Okruzhayushchaya Sreda): Collection of Scientific Papers of the Research Center for Hygiene*. Minsk: BGU Publ.; 2022;(32):16-21. (In Russ.) Accessed December 29, 2023. [http://rspch.by/Docs/v32\\_sbornik.pdf](http://rspch.by/Docs/v32_sbornik.pdf)
7. Goryaev DV, Tikhonova IV. Peculiarities of territorial distribution and dynamics in rates of population noncommunicable diseases in the Krasnoyarsk region associated with the influence of environmental risk factors. *Health Risk Analysis*. 2016;(4):49-57. doi: 10.21668/health.risk/2016.4.07.eng
  8. Drovovozova TI, Goutinev VV. Evaluation of the damage environmental risks to the man's health caused by bad drinking water and economic damage. *Ekologiya Urbanizirovannykh Territoriy*. 2007;(4):71-73. (In Russ.)
  9. Kleyn SV, Glukhikh MV. Assessing potential of the gain in the life expectancy of population using artificial neural networks. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(11):1424-1431. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1424-1431
  10. Alisheva AA. Influence of modifyable risk factors on life expectancy. *Farmatsiya Kazakhstana*. 2022;(4):5-10. (In Russ.)
  11. Zaitseva NV, May IV, Shur PZ, Kiryanov DA. Methodological approaches for assessment performance and economical efficiency of the risk-oriented control and supervision of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-being Surveillance (Rospotrebnadzor). *Health Risk Analysis*. 2014;(1):4-13.
  12. Kiryanov DA, Tsinker MYu, Istorik OA, Stepanov EG, Davletnurov NKH, Efremov VM. On assessment of Rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency in regions: Assessment criteria being prevented economic losses caused by population morbidity and mortality and associated with negative impacts exerted by environmental factors. *Health Risk Analysis*. 2017;(3):12-20. doi: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng
  13. Balanova YuA, Kontsevaya AV, Myrzamatova AO, Mukaneeva DK, Khudyakov MB, Drapkina OM. Economic burden of hypertension in the Russian Federation. *Ratsional'naya Farmakoterapiya v Kardiologii*. 2020;16(3):415-423. (In Russ.) doi: 10.20996/1819-6446-2020-05-03
  14. Sapunova ID, Kontsevaya AV, Myrzamatova AO, et al. Economic damage from smoking associated with four groups of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation in 2016. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2019;18(6):6-12. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2019-6-6-12
  15. Mukaneeva DK, Kontsevaya AV, Karamnova NS, Myrzamatova AO, Khudyakov MB, Drapkina OM. Economic burden of insufficient consumption of vegetables and fruits in Russia. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(9):28-35. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-9-28-35
  16. Brutova AS, Obukhova OV, Bazarova IN. Economic losses of the Russian Federation caused by the morbidity of population in 2012–2014. *Meditzinskie Tekhnologii. Otsenka i Vybory*. 2017;(2(28)):44-48. (In Russ.)
  17. Sharafutdinova NKH, Mukhametdzhanov AM, Pavlova Mlu, Kireeva EF. Health losses due to death from cerebrovascular diseases in the population of Ufa. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2014;17(5):13-16. (In Russ.)
  18. Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, et al. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the Federal Clean Air Project on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;9(330):48-60. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
  19. Ananyev VYu, Shakhgeldyan KI, Gmar DV, Teuk KA, Trankovskaya LV, Geltser BI. Some approaches to use resources of the health institutions of Rospotrebnadzor more efficiently. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(9(294)):23-28. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-294-9-23-28
  20. Popova AYU, Bragina IV, Zaitseva NV, et al. On the scientific and methodological support of the assessment of the performance and effectiveness of the control and supervision activity of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(1):5-9. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-1-5-9
  21. Khojasteh DN, Goudarzi G, Taghizadeh-Mehrjardi R, Asumadu-Sakyi AB, Fehrest-Sani M. Long-term effects of outdoor air pollution on mortality and morbidity—prediction using nonlinear autoregressive and artificial neural networks models. *Atmos Pollut Res*. 2021;12(2):46-56. doi: 10.1016/j.apr.2020.10.007
  22. Gismondi RC, Almeida RMVR, Infantosi AFC. Artificial neural networks for infant mortality modelling. *Comput Methods Programs Biomed*. 2002;69(3):237-247. doi: 10.1016/S0169-2607(02)00006-8
  23. Rapant S, Letkovičová M, Cvečková V, Ďurža A, Fajčíková K, Zach H. Linking of environmental and health indicators by neural networks: Case of breast cancer mortality, Slovak Republic. *Open J Geol*. 2013;3(2):101-112. doi: 10.4236/ojg.2013.32014
  24. Guo C-Y, Liu T-W, Chen Y-H. A novel cross-validation strategy for artificial neural networks using distributed-lag environmental factors. *PLoS ONE*. 2021;16(1):e0244094. doi: 10.1371/journal.pone.0244094
  25. Hainaut D. A neural-network analyzer for mortality forecast. *ASTIN Bulletin*. 2018;48(2):481-508. doi: 10.1017/asb.2017.45
  26. Ivaniukovich U, Skulovich O, Mukhametshina O. Neuralnet simulation of the life expectancy. *Ekologicheskii Vestnik*. 2008;(1):97-101. (In Russ.)
  27. Simonov KV, Kirillova SV, Cadena L. Construction of regression model based on neural network in the problem of human ecology. *Informatizatsiya i Svyaz'*. 2013;(5):85-88. (In Russ.)
  28. Besko VA, Kravets OY. The control of the professional diseases in the region on the base of neurosystem simulation and prognostication. *Sistemnyy Analiz i Upravlenie v Biomeditsinskikh Sistemakh*. 2009;8(2):477-481. (In Russ.)
  29. Mil'kova IA, Cadena L, Simonov KVE. Construction of regression model based on neural network in the problem of human ecology. *Obrazovatel'nye Resursy i Tekhnologii*. 2014;(1(4)):369-377. (In Russ.)
  30. Petrov SB, Zhernov YV. Evaluation of the effectiveness of technological measures to manage the risk to public health when exposed to atmospheric emissions of multi-fuel combined heat and power plants. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(11):761-770. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco110989
  31. Dmitriev AN, Kotin VV. Time series prediction of morbidity using artificial neural networks. *Biomed Eng*. 2013;47(1):43-45. doi: 10.1007/s10527-013-9331-z
  32. Hong WH, Yap JH, Selvachandran G, Thong PH, Son LH. Forecasting mortality rates using hybrid Lee–Carter model, artificial neural network and random forest. *Complex Intell Syst*. 2021;7:163-189. doi: 10.1007/s40747-020-00185-w

**Сведения об авторах:**

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

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

**Цинкер** Михаил Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления; e-mail: [cinker@fcrisk.ru](mailto:cinker@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>.

**Чигвинцев** Владимир Михайлович – к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления; e-mail: [cvm@fcrisk.ru](mailto:cvm@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>.

**Бабина** Светлана Владимировна – заведующий лабораторией информационно-вычислительных систем и технологий; e-mail: [bsv@fcrisk.ru](mailto:bsv@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9222-6805>.

**Кучуков** Артур Ильдарович – математик лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления; e-mail: [kuchukov@fcrisk.ru](mailto:kuchukov@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0330-245X>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р.*; сбор данных: *Бабина С.В., Цинкер М.Ю., Кучуков А.И.*; анализ и интерпретация результатов: *Чигвинцев В.М., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р.*; литературный обзор: *Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю.*; подготовка рукописи: *Камалтдинов М.Р.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** исследование одобрено на заседании комитета по этике ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (Протокол № 2 от 10.02.2022).

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 04.10.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

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

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

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

Vladimir M. **Chigvintsev**, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Researcher, Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory; e-mail: [cvm@fcrisk.ru](mailto:cvm@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>.

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

Arthur I. **Kuchukov**, Mathematician, Information and Computing Systems and Technologies Laboratory; e-mail: [kuchukov@fcrisk.ru](mailto:kuchukov@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0330-245X>.

**Author contributions:** study conception and design: *Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R.*; data collection: *Babina S.V., Tsinker M.Yu., Kuchukov A.I.*; analysis and interpretation of results: *Chigvintsev V.M., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R.*; literature review: *Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu.*; draft manuscript preparation: *Kamaltdinov M.R.* 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 Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (Protocol No. 2 of February 10, 2022).

**Funding:** This research received no external funding.

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

Received: October 4, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023



## Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения

Н.В. Зайцева, С.В. Клейн, А.М. Андришунас, С.Ю. Балашов

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

### Резюме

**Введение.** Актуальность исследования определена функционированием значимого количества теплоэлектростанций, работающих на твердом топливе (40 %) и являющихся источником загрязнения атмосферы и риска здоровью населения.

**Цель исследования:** сопоставительная гигиеническая оценка компонентного, дисперсного и морфологического состава золы и пылевых частиц атмосферного воздуха в зоне влияния объекта теплоэнергетики, работающего на твердом топливе (уголь), для задач повышения точности оценки риска здоровью населения.

**Материалы и методы.** Используются унифицированные и утвержденные методы гигиенической оценки качества воздуха, идентификации опасности, оценки риска здоровью; электронной микроскопии и микрозондового рентгено-спектрального анализа компонентного, дисперсного, морфологического состава золы, атмосферного воздуха.

**Результаты.** Крупная теплоэлектростанция, работающая на угле, выбрасывает порядка 36 веществ. Большую часть частиц золы бурого угля составляют соединения кальция, магния, железа, кремния, алюминия, натрия, калия, серы, фосфора – более 59 % от общего содержания. Твердые частицы, содержащиеся в золе и воздухе исследуемой зоны, схожи по компонентному и дисперсному составу, представляют собой преимущественно частицы менее 10 мкм с коэффициентом сферичности 0,4–1,0. В исследуемой зоне формируются превышения гигиенических нормативов по семи примесям: до 3,3 ПДК<sub>мр</sub>, до 1,4 ПДК<sub>сс</sub>, до 1,5 ПДК<sub>сг</sub> (вклад теплоэлектростанции до 40 %); повышенные уровни неканцерогенного риска здоровью, в частности только от пылевых фракций – до 5,5 НQ<sub>ас</sub>, до 2,4 НQ<sub>сh</sub>, до 6,9 НI<sub>сh</sub>, классифицируемые как «высокие» и «настораживающие».

**Выводы.** Идентифицированные твердые частицы (алюминий, магний, кальций и др.) являются более значимыми факторами риска по сравнению с неидентифицированными взвешенными веществами и могут формировать нарушения органов дыхания, кровообращения, зрения и др., что требует их количественной оценки. Данные примеси не учтены в инвентаризационных ведомостях выбросов и не контролируются на постах мониторинга качества воздуха. В результате риски здоровью, формируемые деятельностью теплоэлектростанции, могут быть недооценены.

**Ключевые слова:** теплоэлектростанции, загрязнение воздуха, пылевые фракции, зола твердого топлива, риск здоровью населения, зона влияния ТЭС.

**Для цитирования:** Зайцева Н.В., Клейн С.В., Андришунас А.М., Балашов С.Ю. Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 37–45. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45

## Comparative Hygienic Assessment of the Composition of Ash and Dust Fractions in Ambient Air of the Area Affected by Emissions from a Thermal Power Station: Improving the Accuracy of Human Health Risk Assessment

Nina V. Zaitseva, Svetlana V. Kleyn, Alena M. Andrishunas, Stanislav Yu. Balashov

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

### Summary

**Introduction:** The relevance of the study is determined by a great number of functioning thermal power stations that operate using solid fuels (40 %) and are a source of ambient air pollution posing human health risks.

**Objective:** A comparative hygienic assessment of the component, disperse, and morphological composition of fly ash and airborne particles in the area surrounding a coal-fired power station for the purpose of increasing the accuracy of human health risk assessment.

**Materials and methods:** We have used unified and approved methods for hygienic assessment of ambient air quality; hazard identification and health risk assessment; scanning electron microscopy and micro-X-ray fluorescence spectroscopy of component, disperse, and morphological structure of fly ash and airborne particulate matter.

**Results and discussion:** Large coal-fired thermal power plants emit about 36 chemicals. Over 59 % of brown coal ash particles are calcium, magnesium, iron, silicon, aluminum, sodium, potassium, sulfur, and phosphorus compounds. Particles found in fly ash and ambient air of the surrounding area have similar components and dispersion, are predominantly less than 10 µm in diameter with the sphericity index ranging from 0.4 to 1.0. Maximum allowable concentrations (MAC) of seven chemicals are exceeded in the study area: up to 3.3 single MAC, up to 1.4 average daily MAC, and up to 1.5 average annual MAC, with the estimated contribution of the thermal power stations of about 40 %. We have also established increased non-carcinogenic health risks with the dust fractions alone generating risk levels as high as 5.5 HQ<sub>ас</sub>, 2.4 HQ<sub>сh</sub>, and 6.9 HI<sub>сh</sub>, which are rated as “high” and “alerting”.

**Conclusion:** Identified solid particles (aluminum, magnesium, calcium, etc.) are more significant risk factors compared to unidentified particulate matter and can cause respiratory and circulatory diseases, diseases of the eye, etc., which requires their quantification. These chemicals are not included in air emissions inventory lists and are, therefore, not monitored. As a result, health risks posed by economic activities of thermal power stations may be underestimated.

**Keywords:** thermal power stations, air pollution, dust fractions, fly ash, health risk, affected zone.

**For citation:** Zaitseva NV, Kleyn SV, Andrishunas AM, Balashov SYu. Comparative hygienic assessment of the composition of ash and dust fractions in ambient air of the area affected by emissions from a thermal power station: Improving the accuracy of human health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):37–45 (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45

**Введение.** Основными стратегическими направлениями государственной политики РФ в сфере энергетики являются обеспечение надежной и доступной электроэнергией всех граждан страны, развитие и использование экологически чистых и эффективных источников энергии и обеспечение социально-экономического развития государства. Однако в свете увеличения потребления энергии загрязнение среды обитания становится серьезной гигиенической и экологической проблемой: энергетические источники наносят значительный ущерб окружающей среде, а также представляют угрозу для здоровья человека и всех живых организмов [1, 2].

Теплоэнергетика как одна из основных составляющих энергетической отрасли включает в себя производство и транспортировку тепловой энергии. Научные исследования в данной области демонстрируют, что деятельность теплоэнергетических предприятий может оказывать отрицательное влияние на здоровье населения и окружающую среду по сравнению с другими отраслями промышленности и в значительной степени зависит от вида используемого топлива [1, 3–5]. Основными источниками энергии являются ископаемое топливо (уголь, горючие сланцы, нефть и природный газ), а также ядерный и термоядерный синтез, альтернативные источники энергии (солнечная, ветровая и гидроэнергия). Разнообразие и доступность различных видов топлива позволяет России полностью покрывать свои энергетические потребности и экспортировать топливные ресурсы в другие страны. В настоящее время примерно 40 % производимой электроэнергии в России генерируется на тепловых электростанциях. Доля угля в электробалансе страны составляет более 13 % [2, 6].

По данным официальной статистики<sup>1,2</sup>, объекты топливно-энергетического комплекса являются источниками выбросов различных химических примесей. Основными из них являются сажа, углерода оксид, взвешенные твердые частицы ( $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ ), диоксид серы, оксиды азота, неорганическая пыль, бенз(а)пирен, метан, фториды, сероводород, предельные и непредельные углеводороды. Кроме того, выбросы от объектов теплоэнергетики могут содержать различные соединения металлов: алюминия, ванадия, кальция, железа, магния, никеля, марганца и другие [7–9].

В суммарном объеме выбросов от объектов теплоэнергетики в зависимости от технологии сжигания топлива твердые частицы (взвешенные вещества, пыль, сажа) могут составлять от 15 до 70 %. Взвешенные частицы, которые обычно используют для характеристики пылевой смеси и которые доказанно способны оказывать негативное влияние на здоровье населения, могут содержать от 10 до 90 % фракций микроразмерного диапазона ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ). Взвешенные частицы  $PM_{2,5}$  представляют собой наиболее опасную категорию пылевых частиц – они имеют способность проникать в дыхательную

систему, мигрировать в более глубокие отделы легких и попадать в кровоток, вызывая различные системные нарушения [10–12].

По данным релевантной научной литературы, повышенные концентрации мелкодисперсных пылей в атмосферном воздухе оказывают влияние на повышение заболеваемости, смертности, сокращение продолжительности жизни. Так, в промышленных районах с высокой степенью атмосферного загрязнения заболеваемость населения на 15 % превышает аналогичный показатель зон, где качество атмосферного воздуха соответствует нормативным требованиям [4–7, 13]. В крупных промышленных центрах инцидентность респираторных и дерматологических заболеваний, а также аллергических состояний у детей встречается в 2 раза чаще и в 2,5 раза длится дольше по сравнению с районами, где качество атмосферного воздуха соответствует санитарно-гигиеническим критериям [13, 14].

**Цель исследования** – сопоставительная гигиеническая оценка компонентного, дисперсного и морфологического состава золы и пылевых частиц атмосферного воздуха в зоне влияния объекта теплоэнергетики, работающей на твердом топливе (уголь), для задач повышения точности оценки риска здоровью населения.

**Материалы и методы.** Исследование выполнено в 2022–2023 гг. На территории исследования основным топливом, используемым на крупной теплоэлектростанции (ТЭС), является твердое топливо – бурый уголь Канско-Ачинского угольного месторождения, неорганическая часть которого состоит из силикатов, сульфидов, сульфатов, карбонатов, оксидов железа, кремния (45–60 %), алюминия (10–30 %), магния, кальция [15–16]. Для исследования отбиралась зола, оставшаяся в результате технологического процесса сжигания угля, летучая часть которой выбрасывается с газообразными примесями в атмосферный воздух.

Для установления дисперсного и морфологического состава частиц золы использовали метод электронной микроскопии (микроскоп марки JSM-63090LV). Порошковая проба наносилась на углеродную подложку. Химический состав золы определялся методом микрозондового рентгеноспектрального анализа. Для анализа изображений с получением количественных характеристик дисперсности и морфологии частиц использовалась программа Image J – Fiji (модуль “Analyze Particles”).

В рамках данного исследования проводилась сравнительная оценка компонентного, дисперсного и морфологического состава пылевых частиц, выбрасываемых исследуемой ТЭС в виде золы, с твердыми примесями, содержащимися в атмосферном воздухе в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами данной ТЭС.

Исследование состава атмосферных пылевых частиц выполнялось с использованием электронной микроскопии. Определение концентраций взвешенных веществ в атмосферном воздухе

<sup>1</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.

<sup>2</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45>  
Original Research Article

осуществлялось согласно требованиям стандарта РД 52.04.893–2020<sup>3</sup> с использованием гравиметрического метода. Содержание частиц микроразмерного диапазона  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  – с использованием прибора DUSTTRAK 8533 согласно требованиям стандарта ГОСТ 17.2.3.01–86<sup>4</sup>.

Для установления уровня формируемой пылевой экспозиции и вклада исследуемой ТЭС в загрязнение атмосферного воздуха территории проведена серия расчетов рассеивания загрязняющих веществ с применением стандартных процедур<sup>5</sup>. Исходной информацией являлась электронная база источников выбросов загрязняющих веществ от исследуемой ТЭС и в целом по городу от стационарных и передвижных источников (2020 г.). Расчеты рассеивания проводились в точках расположения жилых домов на всей исследуемой территории. В каждой расчетной точке определялись максимальные разовые, среднесуточные и среднегодовые концентрации загрязняющих веществ.

Для получения более реальной картины загрязнения атмосферы выполнялась процедура верификации<sup>6</sup> расчетных концентраций данными натурных замеров атмосферного воздуха (за 2019–2021 гг. по 18 веществам) со стационарных постов наблюдения на территории города. Гигиеническая оценка концентраций атмосферного воздуха проводилась на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685–21<sup>7</sup>.

Зоны с установленной экспозицией пересекались с векторным слоем данных о плотности населения территории.

Проведен сравнительный анализ данных инвентаризации с результатами натурных исследований атмосферного воздуха на ближайшем посту мониторинга и результатами идентификации пылевых частиц золы и проб атмосферного воздуха в исследуемой зоне.

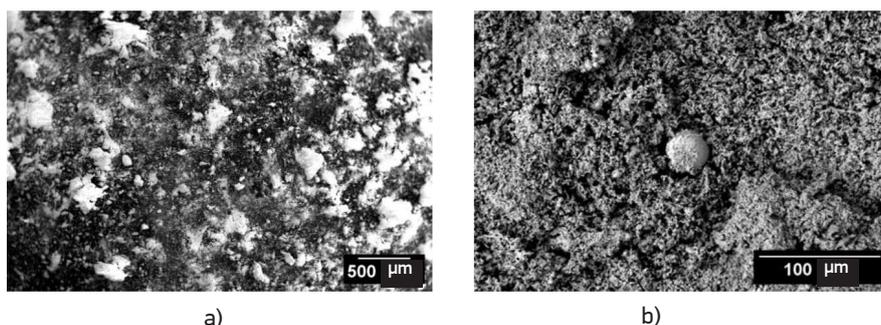
Оценка риска здоровью населения в исследуемой зоне жилой застройки и идентификация опасности расшифрованных пылевых частиц проводилась в соответствии с Р 2.1.10.1920–04<sup>8</sup>, классификация уровней риска осуществлялась в соответствии с МР 2.1.6.0157–19<sup>9</sup>.

**Результаты.** В соответствии с ведомостью инвентаризации источников выбросов исследуемая ТЭС, работающая на угле, со вспомогательными объектами, которые являются неотъемлемой частью технологического процесса, выбрасывает в атмосферный воздух 36 загрязняющих веществ, в т. ч. 11 твердых: окись железа, соединения марганца, оксид никеля, хром, сажа, плохо растворимые фториды, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, абразивная пыль, неорганическая пыль, содержащая до 20 %  $SiO_2$ , 70–20 %  $SiO_2$ . Доля твердых фракций в выбросах составляет 30,5 %.

Анализ элементного состава золы, образующейся в результате сжигания угля на ТЭС и выбрасываемой в атмосферу, показал присутствие десяти компонентов: железо, кремний, кальций, натрий, алюминий, магний, калий, сера, фосфор и кислород. Фотоизображения твердых частиц золы, полученные в результате микроскопического исследования, представлены на рис. 1.

Путем проведения рентгеноспектрального анализа установлено, что преобладающую долю частиц, содержащихся в золе, составляют: кальций, магний, железо, кремний, алюминий, натрий, калий, сера и фосфор (суммарно более 59 %) (см. рис. 2). Необходимо подчеркнуть, что кальций, магний, алюминий, натрий, калий и фосфор не учтены в инвентаризации выбросов загрязняющих веществ соответствующей ТЭС.

Анализ гранулометрического состава твердых частиц золы выявил, что более 60 % частиц имеют



**Рис. 1.** Микроснимки твердых пылевых частиц в золе с различным увеличением: а) в 30 раз, б) в 350 раз

**Fig. 1.** Micrographs of solid particles in fly ash at different magnifications: а)  $\times 30$ , б)  $\times 350$

<sup>3</sup> РД 52.04.893–2020 Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха, 2020. 24 с.

<sup>4</sup> ГОСТ 17.2.3.01–86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов, 2005. 4 с.

<sup>5</sup> Расчеты проводились с использованием УПРЗА «Эколог» (версия 4), реализующей Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273) и модуля «Средние». Метеохарактеристики получены от ГГО им. Воейкова в формате метеофайла по запросу.

<sup>6</sup> МР 2.1.6.0157–19 Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга. М., 2019. 36 с.

<sup>7</sup> СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021. 469 с.

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> МР 2.1.6.0157–19 Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социогигиенического мониторинга. М., 2019. 36 с.

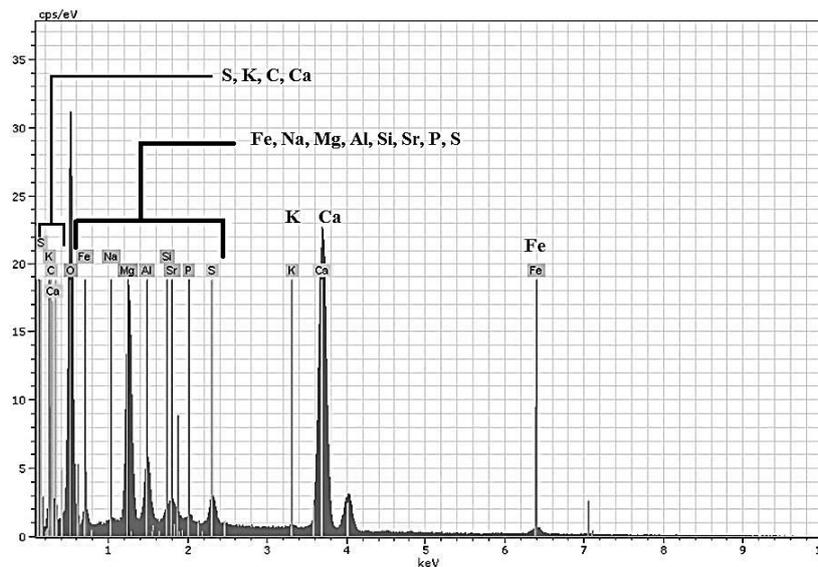


Рис. 2. Спектрограмма компонентного состава золы  
Fig. 2. Spectrogram of elemental composition of coal fly ash

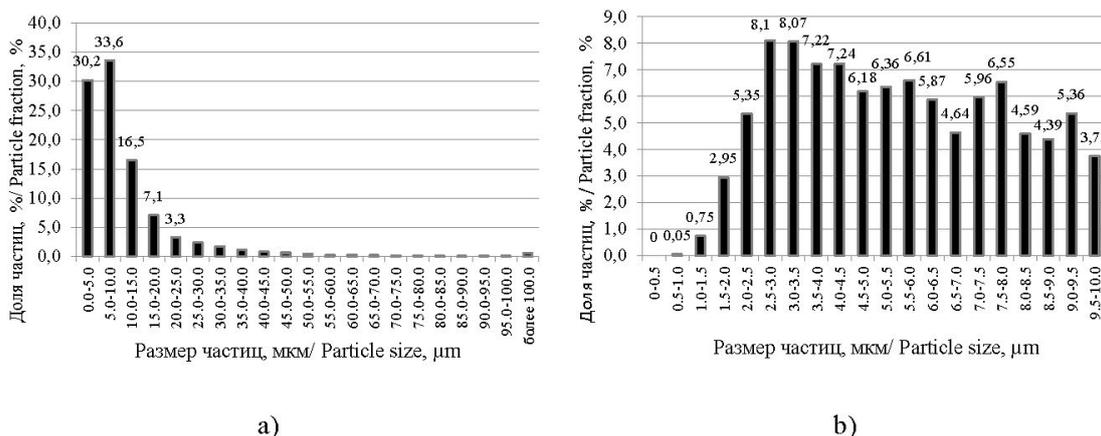


Рис. 3. Дисперсный состав золы с размером частиц до 100 (а) и до 10 мкм (б)  
Fig. 3. Disperse composition of fly ash with the particle size up to 100 (a) and up to 10 μm (b)

размер до 10 мкм (см. рис. 3а) и содержат железо, магний, кальций и кремний и пр. Суммарно наибольшую долю (до 52,2 %) содержания твердых частиц в золе составили частицы размером до 5,5 мкм (см. рис. 3б).

Анализ морфологического состава твердых частиц золы размером до 10 мкм показал, что 57 % частиц обладают сферичностью 0,4–0,7. Частицы преимущественно округлой формы (коэффициент сферичности 0,7–1,0), способные проникать в более глубокие отделы дыхательной системы, составляют около 32 % (см. табл. 1).

Сравнительный анализ морфологического состава золы и проб атмосферного воздуха в зоне наибольшего вклада (по долевого вкладу – до 40 %) влияния выбросов исследуемой ТЭС показал, что частицы аналогичного размера (до 10 мкм) в атмосферном воздухе составляют более 41 %. Порядка 50 % частиц в атмосферном воздухе имеют также более округлую форму (сферичность 0,7–1,0) (см. табл. 1).

Компонентный состав твердых частиц атмосферного воздуха и золы также сопоставим. Основная

Таблица 1. Морфологический состав (коэффициент сферичности) частиц золы и частиц, содержащихся в пробах атмосферного воздуха, до 10 мкм, %

Table 1. Morphological composition (sphericity index) of fly ash and particulate matter found in ambient air samples, < 10 μm, %

Коэффициент сферичности частиц / Particle sphericity index	Содержание частиц в золе, % / Particle content in ash, %	Содержание частиц в атмосферном воздухе, % / Particle content in ambient air, %
0–0,1	0,00	0,00
0,1–0,2	0,02	0,33
0,2–0,3	1,79	7,60
0,3–0,4	8,25	8,92
0,4–0,5	16,59	10,57
0,5–0,6	20,04	10,79
0,6–0,7	20,36	10,90
0,7–0,8	16,56	9,58
0,8–0,9	11,07	10,90
0,9–1,0	5,33	30,40

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45  
Original Research Article

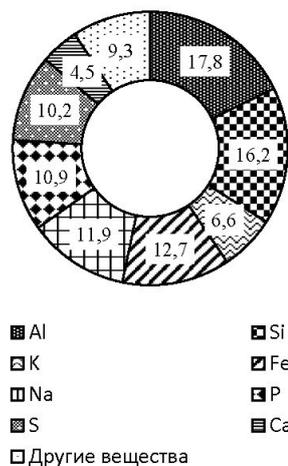
доля твердых частиц атмосферного воздуха состоит из алюминия, кремния, калия, железа, натрия, кальция, серы и фосфора – суммарно более 90 % (см. рис. 4). Дисперсный состав взвешенных частиц в атмосферном воздухе в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами исследуемой ТЭС, по сравнению с составом золы по доле содержания частиц микроразмерного диапазона отличался незначительно. Частицы в атмосферном воздухе имеют различную величину, при этом в исследуемых образцах преобладают частицы, не превышающие в размере 4,0 мкм и суммарно составляющие 65 %. Среди них частицы размером менее 1,5 мкм составляют 20,9 %. (см. рис. 3, 5).

Гигиенический анализ результатов расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере выявил, что в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами анализируемой ТЭС, регистрируются превышения гигиенических нормативов (ПДК<sub>мр</sub>) по 4 компонентам твердых фракций: углерод, взвешенные вещества и неорганическая пыль с содержанием SiO<sub>2</sub> от 70 до 20 %, и до 20 % (до 1,1–5,1 раза).

На ближайшем посту мониторинга качества атмосферного воздуха, расположенном на расстоянии 3,8 км от зоны следования, инструментальный мониторинг проводится только для 14 из 36 примесей, выбрасываемых ТЭС, из них твердого агрегатного состояния 6: бенз(а)пирен, углерод, неорганические плохо растворимые фториды, взвешенные вещества, в т. ч. взвешенные частицы PM<sub>10</sub>, взвешенные частицы PM<sub>2,5</sub>.

Расчетные данные, уточненные исследованиями на постах мониторинга, показали, что в исследуемой зоне превышены гигиенические нормативы по пяти веществам твердого агрегатного состояния:

- ПДК<sub>мр</sub>: взвешенные вещества, пыль неорганическая SiO<sub>2</sub> 20–70 % (до 1,5–3,3 ПДК<sub>мр</sub>);
- ПДК<sub>сг</sub>: взвешенные вещества, марганец и его соединения, хром, фториды неорганические плохо растворимые (до 1,2–1,5 ПДК<sub>сг</sub>).



**Рис. 4.** Компонентный состав взвешенных частиц в атмосферном воздухе в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами ТЭС, %

**Fig. 4.** Chemical composition of suspended particles sampled in the zone of maximum concentrations formed by emissions from the thermal power station, %

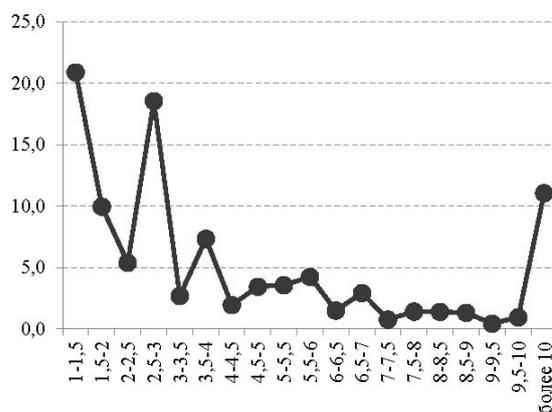
При отборе проб в исследуемой зоне зарегистрированы превышения гигиенических нормативов по взвешенным веществам, взвешенным частицам PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> (до 1,2–1,4 ПДК<sub>сг</sub>).

Оценка риска здоровью населения в исследуемой зоне показала, что установленные уровни экспозиции при остром ингаляционном неканцерогенном воздействии анализируемых твердых частиц формируют повышенные уровни коэффициентов опасности, классифицируемые как «высокие» (до 5,5 HQ<sub>ас</sub> для взвешенных веществ).

Хроническое воздействие исследуемых химических примесей твердых фракций создает настораживающие и высокие уровни риска для здоровья, выраженные коэффициентами опасности, по 4 веществам: марганец (до 1,2 HQ<sub>сч</sub>), никель оксид (до 2,3 HQ<sub>сч</sub>), плохо растворимые неорганические фториды (до 2,4 HQ<sub>сч</sub>) и взвешенные вещества (до 1,5 HQ<sub>сч</sub>), которые присутствуют в ведомостях инвентаризации анализируемой ТЭС. Повышенные значения индексов опасности (более 3,0 HI<sub>сч</sub>) формируются в отношении возникновения заболеваний дыхательной, нервной, кроветворной и костно-мышечной систем (до 6,9 HI<sub>сч</sub>). В условиях повышенной опасности проживает более 25 тыс. человек.

Суммарный уровень риска канцерогенного риска (CRT) в исследуемой зоне регистрировался на уровне  $5,8 \times 10^{-5}$  (допустимый уровень).

Детальная идентификация компонентного состава проб атмосферного воздуха была дополнена процедурой идентификации опасности установленных химических примесей (см. табл. 2). Выявленные в результате электронной микроскопии примеси, такие как натрий, магний, кальций, калий и др., не учитываются в ведомостях инвентаризации ТЭС, но идентифицированы в компонентном составе золы и атмосферного воздуха в зоне максимальных концентраций твердых примесей, формируемых выбросами анализируемого хозяйствующего субъекта. Данные примеси проявляют более выраженную токсичность и широкий спектр негативных эффектов



**Рис. 5.** Дисперсный состав взвешенных частиц (мкм) в атмосферном воздухе в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами ТЭС, %

**Fig. 5.** Disperse composition of suspended particles (μm) sampled in the zone of maximum concentrations formed by emissions from the thermal power station, %

на здоровье, чем учтенные в ведомости инвентаризации взвешенные вещества, неорганическая пыль, содержащая 70–20 %  $\text{SiO}_2$  и до 20 %  $\text{SiO}_2$ , что указывает на недооценку степени опасности для здоровья населения (см. табл. 2). Важно отметить, что соединения алюминия, железа, калия, кремния, кальция, натрия и магния не исследуются на ближайшем посту мониторинга.

Исследование воздействия твердых фракций выбросов ТЭС на здоровье показало, что идентифицированные вещества обладают более широким спектром неканцерогенных эффектов при ингаляционном воздействии, чем не идентифицированные по составу взвешенные вещества и неорганическая пыль, содержащая 70–20 %  $\text{SiO}_2$  и до 20 %  $\text{SiO}_2$  (табл. 2): при остром воздействии дополнительно формируют опасность нарушения органов зрения (соединения натрия), при хроническом – изменение массы тела (соединения алюминия), нарушения сердечно-сосудистой системы, развития (частицы  $\text{PM}_{10}$ ).

Кроме этого, референтные уровни идентифицированных в атмосферном воздухе твердых химических примесей жестче, чем установленные нормативы для взвешенных веществ и пыли неорганической: 70–20 %  $\text{SiO}_2$  в 1,5–50 раз (см. табл. 2).

Как уже было показано, более 60 % твердых частиц в атмосферном воздухе имеют размеры меньше 10 мкм, из них 36,3 % – частицы до 2,5 мкм (см. рис. 5). Спектр негативных воздействий от идентифицированных мелкодисперсных частиц шире, чем от неидентифицированных взвешенных веществ; референтные уровни более жесткие: при хроническом воздействии различаются в 1,5–5 раз, а при остром – в 2,0–4,6 раза (см. табл. 2).

**Обсуждение.** По результатам релевантных научных исследований [17–18] летучие золы составляют основную часть отходов, производимых в результате сжигания угля на объектах теплоэнергетики, и их доля может варьироваться от 60 до 95 %. Характеризуясь сложной поликомпонентной структурой, зола обладает разнообразным гранулометрическим и минерально-фазовым составом, что представляет определенные трудности при проведении исследований. Размеры частиц летучих зол варьируются от субмикрона до сотен микрон. В зависимости от характеристик угля и условий сжигания, доля зольных частиц размером менее 10 мкм может колебаться от 6 до 42 %, частиц размером от 10 до 90 мкм – от 40 до 92 % [17–18].

В ходе проведенных исследований [19–21] компонентного, дисперсного и морфологического состава частиц атмосферного воздуха, присутствующих в зонах воздействия объектов теплоэнергетики, обнаружено, что частицы малого размера (до 2,5 мкм) подвергаются неравномерному осаждению в различных сегментах дыхательной системы человека. Современные научные исследования подтверждают наличие связи между загрязнением воздуха частицами малого размера (до 2,5 мкм) и появлением ряда заболеваний, таких как астма, бронхит, острые и хронические респираторные расстройства, одышка, затруднение дыхания и преждевременная смерть [22–25].

Полученные в настоящем исследовании результаты анализа качества атмосферного воздуха указывают, что рассчитанные уровни экспозиции и риска для здоровья, формируемые в результате хозяйственной деятельности ТЭС, могут быть

**Таблица 2.** Качественные и количественные параметры неканцерогенной (острой и хронической) и канцерогенной опасности<sup>10</sup> при воздействии твердых фракций веществ, содержащихся в золе и атмосферном воздухе, в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами ТЭС\*

**Table 2.** Qualitative and quantitative parameters of non-carcinogenic (acute and chronic) and carcinogenic hazard of solid fractions of substances contained in fly ash and ambient air in the zone of maximum concentrations formed by emissions from the thermal power station\*

Химическое вещество / Chemical	CAS	RFС, мг/м <sup>3</sup> / mg/m <sup>3</sup>	Органы-мишени при хронической экспозиции / Target organs for chronic exposure	ARFC, мг/м <sup>3</sup> / mg/m <sup>3</sup>	Органы-мишени при острой экспозиции / Target organs for acute exposure
Перечень веществ, учтенных в ведомостях инвентаризации / Chemicals included in air emissions inventory lists					
Взвешенные вещества / Suspended particles	–	0,075	ОД / RO	0,3	ОД, СД / RO, SE
Пыль неорганическая: 70–20 % $\text{SiO}_2$ / Inorganic dust: 70–20 % of $\text{SiO}_2$	–	0,1	ОД, ИС / RO, IS	–	–
Пыль неорганическая: до 20 % $\text{SiO}_2$ / Inorganic dust: up to 20 % of $\text{SiO}_2$	14464-46-1	0,05	ОД / RO	–	–
диЖелезо триоксид (Железа оксид) / diiron trioxide	1309-37-1	0,04	ОД / RO	–	–
Перечень веществ, содержащихся в золе и атмосферном воздухе, которые отсутствуют в инвентаризационных документах / Fly ash and other airborne chemicals not included in air emissions inventory lists					
Натрий и его соединения / Sodium and its compounds	1310-73-2	0,002	ОД, ОЗ / RO, VO	0,005	ОД, ОЗ / RO, VO
Магний и его соединения / Magnesium and its compounds	7439-95-4	–	–	–	–
Алюминий оксид / Aluminum oxide	1344-28-1	0,005	ОД, МТ / RO, BW	–	–
Взвешенные частицы $\text{PM}_{10}$ / Particulate matter, $\text{PM}_{10}$	–	0,05	ОД, ССС, Р, СМ / RO, CVS, D, M	0,15	ОД, СД / RO, SE
Взвешенные частицы $\text{PM}_{2,5}$ / Particulate matter, $\text{PM}_{2,5}$	–	0,015	ОД, СМ / RO, M	0,065	ОД, СД / RO, SE

*Примечание:* ОД – органы дыхания; ИС – иммунная система; СД – системное действие; ССС – сердечно-сосудистая система; Р – развитие; ОЗ – органы зрения; МТ – масса тела; СМ – смертность. \* – Калий, кальций, фосфор – в соответствии с Руководством по оценке риска (Р 2.1.10.1920–04), отсутствуют данные о референтных уровнях и формируемых эффектах на здоровье.

*Notes:* RO, respiratory organs; IS, immune system; SE, systemic effects; CVS, cardiovascular system; D, development; VO, visual organs; BW, body weight; M, mortality. \* Potassium, calcium, phosphorus – in accordance with the Risk Assessment Guidelines (R 2.1.10.1920–04); no data on reference levels and health effects are available.

<sup>10</sup> 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.

недооценены. Для более точной оценки воздействия ТЭС на здоровье населения целесообразным является уточнение данных инвентаризации на источниках с учетом полной классификации пылевых фракций и их дисперсного состава.

В настоящее время отсутствует система мониторинга частиц ультрамикроразмерного диапазона (до 1,0 мкм) в атмосферном воздухе, в этой связи отсутствует возможность объективной оценки степени воздействия данных частиц на здоровье населения.

Полученные результаты настоящего исследования согласуются с выводами других релевантных научных исследований, а описанные негативные эффекты со стороны здоровья в результате воздействия различных соединений твердых пылевых фракций подтверждают их токсическое действие. Научные исследования показали, что соединения железа, кремния, кальция, алюминия, калия, марганца, фториды, взвешенные частицы  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  могут вызывать разнообразные специфические негативные реакции со стороны здоровья, в т. ч. заболевания дыхательной, сердечно-сосудистой, иммунной, кроветворной, костно-мышечной систем, новообразования [26–31].

Эффективное снижение выбросов твердых частиц в атмосферный воздух от тепловых электростанций может быть достигнуто рядом технических, технологических и управленческих решений, проведением систематического мониторинга качества атмосферного воздуха в зонах влияния ТЭС. Данные решения могут потребовать значительных инвестиционных вложений и изменений в производственных процессах. При этом реализация мер должна осуществляться не только с учетом экономической и технической целесообразности, но и с учетом формируемой потенциальной опасности и фактически причиняемого вреда здоровью населения [8, 32–35].

#### Выводы

1. В результате анализа дисперсного, компонентного и морфологического состава золы методом электронной микроскопии установлено, что основную долю частиц составляли кальций, магний, железо, кремний, алюминий, натрий, калий, сера, фосфор (более 59 %); более 50 % частиц имеют размер до 5,5 мкм; порядка 32 % частиц имеют более округлую форму (сферичность 0,7–1,0).

2. Компонентный, дисперсный и морфологический состав пылевых частиц атмосферного воздуха в зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами исследуемой ТЭС, сопоставим с составом золы. Более 90 % твердых частиц воздуха составляют кальций, алюминий, калий, кремний, натрий, магний, железо, сера и фосфор. Порядка 50 % частиц атмосферного воздуха имеют сферичность 0,7–1,0.

3. В зоне максимальных концентраций, формируемых выбросами крупной ТЭС, по верифицированным и инструментальным данным регистрируются превышения гигиенических нормативов по 7 веществам твердого агрегатного состояния до 1,5–3,3 ПДК<sub>мр</sub>, до 1,2–1,4 ПДК<sub>сс</sub>, до 1,2–1,5 ПДК<sub>сг</sub>.

4. Установленные уровни экспозиции идентифицированных веществ в твердой фракции формируют острый и хронический неканцерогенный

риск, выраженный коэффициентами опасности и классифицируемый как «высокий» и «настораживающий» – до 5,5 HQ<sub>ас</sub> и до 2,4 HQ<sub>сн</sub> соответственно. Повышенные индексы опасности формируются в отношении возникновения заболеваний органов дыхания, нервной, кроветворной, костно-мышечной систем (до 6,9 H<sub>сн</sub> – высокий уровень). Суммарный уровень канцерогенного риска (CRT) формировался на уровне до  $5,8 \times 10^{-5}$ . В условиях повышенных уровней острого и/или хронического риска проживает более 25 тыс. человек.

5. Почти половина идентифицированных твердых примесей (натрий, магний, алюминий, кальций, калий и др.) отсутствует в инвентаризационных ведомостях исследуемой ТЭС и не определяется на ближайшем посту мониторинга. Данные компоненты обладают более широким спектром неканцерогенных эффектов на здоровье при ингаляционном поступлении в сравнении с не идентифицированными по составу пылями, дополнительно формируя нарушения органов зрения, сердечно-сосудистой системы, процессов развития, массы тела.

6. Результаты анализа качества атмосферного воздуха, основанные на информации из ведомостей инвентаризации и данных мониторинга, указывают на возможную недооценку уровней экспозиции и риска для здоровья, формируемых хозяйственной деятельностью объектов теплоэнергетики. Целесообразным является уточнение ведомостей инвентаризации, сосредоточение внимания на полном учете компонентов пылевых фракций, осуществление мониторинга приоритетных факторов риска и состояния здоровья населения в зонах воздействия данных хозяйствующих субъектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметшин Э.Р. Влияние энергетического загрязнения окружающей среды на продолжительность жизни человека // Молодой ученый. 2018. Т. 1. № 187. С. 48–52.
2. Zaitseva NV, May IV. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the 'Clean air' Federal project. *Health Risk Analysis*. 2023;(1):4-12. doi: 10.21668/health.risk/2023.1.01.eng
3. Нецветаев А.Г. Правовая охрана атмосферного воздуха от загрязнения по законодательству Российской Федерации // Правовая безопасность личности, государства и общества: Сборник статей XIX Международной научной конференции. 2019. С. 108–116.
4. Рыбинская Е.Т. Негативное воздействие тепловой энергетики на окружающую среду в контексте реализации права на экологическую безопасность // *Аграрное и земельное право*. 2023. № 4 (220). С. 65–67. doi: 10.47643/1815-1329\_2023\_4\_65
5. Ракитский В.Н, Авалиани С.Л, Новиков С.М. и др. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // *Анализ риска здоровью*. 2019. № 4. С. 30–36. doi:10.21668/health.risk/2019.4.03
6. Тихомирова Т.И, Хомутов С.А. Влияние вредных выбросов ТЭС на атмосферу // *Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования*. 2019. С. 282–286.
7. Петров А.С., Самаркина А.Н. Исследование влияния объектов теплоэнергетики на окружающую среду // *Новая наука: Теоретический и практический взгляд*. 2016. № 6–2 (87). С. 152–154.
8. Бахтиёрова Н.Б., Сулейменова Б.М. Влияние выбросов предприятий теплоэнергетики на окружающую среду и здоровье населения // *Теория и практика современной науки*. 2016. № 4 (10). С. 110–113.

9. Голиков Р.А., Кислицына В.В., Суржиков Д.В. и др. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 6. С. 348–352.
10. Снежко С.И., Шевченко О.Г. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу // Ученые записки. № 18. С. 57–69. doi: 10.31089/1026-9428-2019-6-348-352
11. Xing Y-F, Xu Y-H, Shi M-H, Lian Y-X. The impact of PM<sub>2.5</sub> on the human respiratory system. *J Thorac Dis.* 2016;8(1):E69-74. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19
12. Кашуба Н.А. О новых подходах к оценке влияния пыли на органы дыхания // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 3. С. 264–268. doi:10.18821/0016-9900-2018-97-3-264-268
13. Saghalian SE, Azimian AR, Jalilvand R, Dadkhah S, Saghalian SM. Computational analysis of airflow and particle deposition fraction in the upper part of the human respiratory system. *Biol Eng Med.* 2018;3(6):6-9. doi: 10.15761/BEM.1000155
14. Садеков Д.Р., Ермаченко А.Б., Котов В.С. Оценка заболеваемости работников производственной и непромышленной сфер старобешевской теплоэлектростанции с временной утратой трудоспособности // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2022. Т. 31. № 1. С. 50–53.
15. Пашков Г.Л., Сайкова С.В., Кузьмин В.И. и др. Золы природных углей – нетрадиционный сырьевой источник редких элементов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2012. Т. 5. № 5. С. 520–530.
16. Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В. и др. Угольные отходы как сырьё для получения редких и рассеянных элементов // Вестник КузГТУ. 2016. № 6. С. 185–188.
17. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Серазеева Е.В. Состав и строение золы-уноса ТЭЦ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. № 5-6. С. 109–113.
18. Арсентьев В.А., Дмитриев С.В., Мезенин А.О. и др. Вещественный состав и технология сухой переработки золы ТЭЦ // Обогащение руд. 2015. № 4 (358). С. 49–53. doi: 10.17580/or.2015.04.09
19. Sun T, Zhang T, Xiang Y, et al. Application of data assimilation technology in source apportionment of PM<sub>2.5</sub> during winter haze episodes in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China. *Atmos Pollut Res.* 2022;13(10):101546. doi: 10.1016/j.apr.2022.101546
20. Katanoda K, Sobue T, Satoh H, et al. An association between long-term exposure to ambient air pollution and mortality from lung cancer and respiratory diseases in Japan. *J Epidemiol.* 2011;21(2):132-43. doi: 10.2188/jea.JE20100098
21. Zaitseva NV, Kiryanov DA, Kleyn SV, Tsinker MYu, Andrishunas AM. Distribution of micro-sized range solid particles in the human airways: Field experiment. *Gigiena i Sanitariya.* 2023;102(5):412-420. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-412-420
22. Galvão ES, Santos JM, Goulart EV, Reis NC Jr. Health risk assessment of inorganic and organic constituents of the coarse and fine PM in an industrialized region of Brazil. *Sci Total Environ.* 2023;865:161042. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.161042
23. Liu S, Zhang C, Zhan J, et al. Source-specific health risk assessment of PM<sub>2.5</sub> bound heavy metal in re-suspended fugitive dust: A case study in Wuhan metropolitan area, central China. *J Clean Prod.* 2022;379(1):134480. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134480
24. Rushingabigwi G, Nsengiyumva P, Sibomana L, Twizere C, Kalisa W. Analysis of the atmospheric dust in Africa: The breathable dust's fine particulate matter PM<sub>2.5</sub> in correlation with carbon monoxide. *Atmos Environ.* 2020;224:117319. doi: 10.1016/j.atmosenv.2020.117319
25. Moreno T, Trechera P, Querol X, et al. Trace element fractionation between PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in coal mine dust: Implications for occupational respiratory health. *Int J Coal Geol.* 2019;203:52-59. doi: 10.1016/j.coal.2019.01.006
26. Мещакова Н.М., Меринов А.В., Шахметов С.Ф. и др. Оценка экспозиционных нагрузок химическими веществами у работников основных профессий алюминиевого производства Восточной Сибири // Медицина труда и промышленная экология. 2019. № 59 (7). С. 406–411. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411
27. Бабанов С.А., Стрижаков Л.А., Лебедева М.В. и др. Пневмоконозы: современные взгляды // Терапевтический архив. 2019. № 91 (3). С. 107–113.
28. Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(17):2054-2070. doi: 10.1016/j.jacc.2018.07.099
29. Казарезов А.А., Ларичкин В.В. Комплексная технология снижения вредных выбросов от угольных тепловых электростанций // Наука Промышленность Оборона. Труды XXIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 100-летию основания конструкторского бюро «Туполев». Под редакцией С.Д. Саленко. Новосибирск, 2022. С. 147–150.
30. Головтеева А.Н., Сиваковский А.М., Росляков П.В. Разработка программного комплекса оптимального выбора наилучших доступных технологий // Инфорно-2018. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 273–277.
31. Росляков П.В., Кондратьева О.Е., Боровкова А.М. Нормативно-методическое обеспечение перехода на батареи теплоэнергетике // Теплоэнергетика. 2018. № 5. С. 85–92.
32. Andrishunas AM, Kleyn SV. Fuel and energy enterprises as objects of risk-oriented sanitary-epidemiologic surveillance. *Health Risk Analysis.* 2021;(4):65-73. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.07.eng

## REFERENCES

1. Akhmetshin ER. [Impact of energy pollution of the environment on human life expectancy.] *Molodoy Uchenyy.* 2018;(1(187)):48-52. (In Russ.)
2. Zaitseva NV, May IV. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the 'Clean air' Federal project. *Health Risk Analysis.* 2023;(1):4-12. doi: 10.21668/health.risk/2023.1.01.eng
3. Netsvetaev AG. Right protection of atmosphere air from pollution according to the legislation of the Russian Federation. In: Arkhipova NI, Timofeeva SV, Knyazeva EYu, eds. *Legal Security of the Individual, State and Society: Proceedings of the XIX International Scientific Conference, Moscow, April 25, 2019.* Moscow: Russian State Humanitarian University Publ.; 2019:108-116. (In Russ.)
4. Rybinskaya ET. Negative impact of thermal energy on the environment in the context of the realization of the right to environmental safety. *Agrarnoe i Zemel'noe Pravo.* 2023;(4(220)):65-67. (In Russ.) doi: 10.47643/1815-1329\_2023\_4\_65
5. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis.* 2019;(4):30-36. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03.eng
6. Tikhomirova TI, Khomutov SA. [Impact of emissions of the combined heat and power plant on the atmosphere.] In: *Environmental Safety and Protection: Fundamental and Applied Studies: Proceedings of the Russian Scientific Conference, Belgorod, October 14–18, 2019.* Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov Publ.; 2019;2:282-286. (In Russ.)
7. Petrov AS, Samarkina AN. [Study of the impact of heat power engineering facilities on the environment.] *Novaya Nauka: Teoreticheskii i Prakticheskiy Vzglyad.* 2016;(6-2(87)):152-154. (In Russ.)
8. Bakhtiyorova NB, Suleimenova BM. [Influence of emissions of heat power enterprises on the environment and public health.] *Teoriya i Praktika Sovremennoy Nauki.* 2016;(4(10)):110-113. (In Russ.)
9. Golikov RA, Kislitsyna VV, Surzhikov DV, Oleshchenko AM, Mukasheva MA. Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;(6):348-352. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-6-348-352
10. Snizhko SI, Shevchenko OG. Emission sources of heavy metals to the atmosphere. *Uchenye Zapiski Rossiyskogo Gosudarstvennogo Gidrometeorologicheskogo Universiteta.* 2011;(18):57-69. (In Russ.)
11. Xing Y-F, Xu Y-H, Shi M-H, Lian Y-X. The impact of PM<sub>2.5</sub> on the human respiratory system. *J Thorac Dis.* 2016;8(1):E69-74. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19
12. Kashuba NA. About new approaches in the estimation of the impact of dust on the respiratory system. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(3):264-268. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-3-264-268
13. Saghalian SE, Azimian AR, Jalilvand R, Dadkhah S, Saghalian SM. Computational analysis of airflow and particle deposition

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45>  
Original Research Article

- fraction in the upper part of the human respiratory system. *Biol Eng Med.* 2018;3(6):6-9. doi: 10.15761/BEM.1000155
14. Sadekov DR, Ermachenko AB, Kotov VS. Estimation of morbidity of employees in production and non-production spheres of Starobeshevsk power plant with time loss of employment. *Arkhiv Klinicheskoy i Eksperimental'noy Meditsiny.* 2022;31(1):50-53. (In Russ.)
  15. Pashkov GL, Saikova SV, Kuzmin VI, Panteleeva MV, Kokorina AN, Linok EV. Natural coal ash – Unconventional source of rare elements. *Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo Universiteta. Tekhnika i Tekhnologii.* 2012;5(5):520-530. (In Russ.)
  16. Cherkasova TG, Cherkasova YeV, Tikhomirova AV, Bobrovnikova AA, Nevedrov AV, Papin AV. Coal waste as raw material for production of rare and trace elements. *Vestnik Kuzbasskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta.* 2016;6(118):159-163. (In Russ.)
  17. Barieva ER, Korolev EA, Serazeeva EV. [Composition and structure of fly ash from thermal power station.] *Problemy Energetiki.* 2012; (5-6):109-113. (In Russ.)
  18. Arsenyev VA, Dmitriev SV, Mezenin AO, Kotova EL. Material composition of ashes from combined heat and power plants and the technology for its disposal. *Obogashchenie Rud.* 2015;(4(358)):49-53. (In Russ.) doi: 10.17580/or.2015.04.09
  19. Sun T, Zhang T, Xiang Y, et al. Application of data assimilation technology in source apportionment of PM2.5 during winter haze episodes in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China. *Atmos Pollut Res.* 2022;13(10):101546. doi: 10.1016/j.apr.2022.101546
  20. Katanoda K, Sobue T, Satoh H, et al. An association between long-term exposure to ambient air pollution and mortality from lung cancer and respiratory diseases in Japan. *J Epidemiol.* 2011;21(2):132-43. doi: 10.2188/jea.JE20100098
  21. Zaitseva NV, Kiryanov DA, Kleyn SV, Tsinker MYu, Andrishunas AM. Distribution of micro-sized range solid particles in the human airways: Field experiment. *Gigiena i Sanitariya.* 2023;102(5):412-420. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-412-420
  22. Galvão ES, Santos JM, Goulart EV, Reis NC Jr. Health risk assessment of inorganic and organic constituents of the coarse and fine PM in an industrialized region of Brazil. *Sci Total Environ.* 2023;865:161042. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.161042
  23. Liu S, Zhang C, Zhan J, et al. Source-specific health risk assessment of PM2.5 bound heavy metal in re-suspended fugitive dust: A case study in Wuhan metropolitan area, central China. *J Clean Prod.* 2022;379(1):134480. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134480
  24. Rushingabigwi G, Nsengiyumva P, Sibomana L, Twizere C, Kalisa W. Analysis of the atmospheric dust in Africa: The breathable dust's fine particulate matter PM2.5 in correlation with carbon monoxide. *Atmos Environ.* 2020;224:117319. doi: 10.1016/j.atmosenv.2020.117319
  25. Moreno T, Trechera P, Querol X, et al. Trace element fractionation between PM10 and PM2.5 in coal mine dust: Implications for occupational respiratory health. *Int J Coal Geol.* 2019;203:52-59. doi: 10.1016/j.coal.2019.01.006
  26. Meshchakova NM, Merinov AV, Shayakhmetov SF, Lisetskaya LG. Assessment of exposure loads of chemicals in workers of the main professions of aluminum production in Eastern Siberia. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(7):406-411. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411
  27. Babanov SA, Strizhakov LA, Lebedeva MV, Fomin VV, Budash DS, Baikova AG. Pneumoconiosis: Modern view. *Terapevticheskiy Arkhiv.* 2019;91(3):107-113. (In Russ.) doi: 10.26442/00403660.2019.03.000066
  28. Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(17):2054-2070. doi: 10.1016/j.jacc.2018.07.099
  29. Kazarevov AA, Larichkin VV. Integrated technology to reduce harmful emissions from coal-fired thermal power plants. In: Salenko SD, ed. *Science. Industry, Defense: Proceedings of the XXIII Russian Scientific and Technical Conference Dedicated to the Centenary of the Tupolev Design Department, Novosibirsk, April 20-22, 2022.* Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University Publ.; 2022;3:147-150. (In Russ.)
  30. Golovteeva AN, Sivakovskiy AM, Roslyakov PV. [Development of a software complex of the optimal choice of the best available technologies.] In: *Computerization of Engineering Education (INFORINO-2018): Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Moscow, October 23-26, 2018.* Moscow: National Research University Moscow Power Engineering Institute Publ.; 2018:273-277. (In Russ.)
  31. Roslyakov PV, Kondrat'eva OE, Borovkova AM. Regulatory and methodical support of the transition to the BATs in heat power engineering. *Teplotenergetika.* 2018;65(5):85-92. (In Russ.)
  32. Andrishunas AM, Kleyn SV. Fuel and energy enterprises as objects of risk-oriented sanitary-epidemiologic surveillance. *Health Risk Analysis.* 2021;(4):65-73. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.07.eng

#### Сведения об авторах:

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

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

✉ **Андришунас** Алена Мухаматовна – младший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: ama@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0072-5787>.

**Балашов** Станислав Юрьевич – старший научный сотрудник – руководитель ГИС-группы отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция исследования, редактирование: *Зайцева Н.В.*; дизайн исследования, написание текста, редактирование: *Клейн С.В.*; сбор и обработка материала, написание текста: *Андришунас А.М.*; написание текста: *Балашов С.Ю.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** соавтор статьи Зайцева Н.В. является членом редакционной коллегии научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные соавторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 12.11.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликована: 29.12.23

#### Author information:

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

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

✉ Alena M. **Andrishunas**, Junior Researcher, Department of System Methods of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring; e-mail: ama@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0072-5787>.

Stanislav Yu. **Balashov**, Senior Researcher, Head of the GIS Group, Department of System Methods of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

**Author contributions:** study conception, editing: *Zaitseva N.V.*; study design, draft manuscript preparation, editing: *Kleyn S.V.*; data collection and processing, draft manuscript preparation: *Andrishunas A.M.*; draft manuscript preparation: *Balashov S.Yu.* 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 co-author of the article Nina V. Zaitseva is a member of the editorial board of the scientific and practical journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: November 12, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023

© Марцев А.А., 2023  
УДК 616-036.2-053.2/5



## Комплексный анализ первичной заболеваемости и оценка риска здоровью детей на региональном уровне

А.А. Марцев

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
ул. Горького, д. 87, г. Владимир, 600000, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Залогом устойчивого развития и благополучия любого государства является здоровье детей, которое является общественной и индивидуальной ценностью. В условиях негативных демографических тенденций, которые наблюдаются в нашей стране, сохранение здоровья детского населения становится наиболее актуальной задачей здравоохранения как регионального, так и федерального уровней. Заболеваемость детей относится к основным показателям популяционного здоровья, наиболее объективно характеризующим как его общее состояние, так и степень воздействия различных факторов окружающей среды.

**Цель исследования:** комплексный анализ первичной заболеваемости детского населения и оценка риска здоровью в рамках региона.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы официальные статистические сборники МИАЦ «Состояние здоровья населения Владимирской области» за допандемийный период 2001–2019 гг. Проведен анализ относительных (%) данных по первичной заболеваемости детского населения (до 14 лет) Владимирской области по 16 классам болезней классификации ВОЗ (МКБ-10) в целом по области и по каждому району отдельно. В основу оценки вероятного риска заболеваемости положено определение показателей эпидемиологического риска. Математическую обработку результатов осуществляли в программе Statistica 12.

**Результаты.** Проведенный комплексный анализ позволил установить, что во Владимирской области наблюдается рост первичной заболеваемости детей, причем ее уровень выше средних значений по стране. В структуре заболеваемости доминируют болезни органов дыхания. Вызывает опасение значительный рост числа новообразований, который составил 2,5 раза. Среднепогодные значения заболеваемости демонстрируют значительные отличия по административным территориям. Проведенный анализ эпидемиологического риска позволил установить территории, характеризующиеся очень высоким риском заболеваемости детей новообразованиями и болезнями органов дыхания.

**Заключение.** Дальнейшие исследования должны быть направлены на идентификацию факторов, негативно отражающихся на состоянии здоровья детей в муниципалитетах, с целью минимизации их влияния, что является главной задачей социально-гигиенического мониторинга.

**Ключевые слова:** первичная заболеваемость детей, оценка риска, санитарно-гигиенический мониторинг.

**Для цитирования:** Марцев А.А. Комплексный анализ первичной заболеваемости и оценка риска здоровью детей на региональном уровне // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 46–53. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-46-53

## Comprehensive Analysis of Disease Incidence and Children's Health Risk Assessment at the Regional Level

Anton A. Martsev

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,  
87 Gorky Street, Vladimir, 600000, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The key to sustainable development and well-being of a state is the health of children, which is a social and individual value. In the context of negative demographic trends observed in our country, health maintenance in the child population is becoming the most urgent task of healthcare at both the regional and federal levels. Disease incidence in children is one of the main indicators of public health, most objectively characterizing both its general condition and the degree of effects of various environmental factors.

**Objective:** A comprehensive analysis of disease incidence in the child population and health risk assessment within the region.

**Materials and methods:** Official statistical collections "Health of the Population of the Vladimir Region" by the Medical Information and Analytical Center for the pre-pandemic period of 2001–2019 were used to analyze incidence rates in the child population (aged 0–14 years) of the Vladimir Region by 16 ICD-10 disease categories, both for the region as a whole and each of its districts taken separately. The assessment of the probable disease risk was based on determination of epidemiological risk indicators. Data analysis was performed using StatSoft Statistica 12.

**Results:** The results demonstrated a rising trend in the child disease incidence in the Vladimir Region with the rate exceeding the national average and diseases of the respiratory system prevailing. A significant 2.5-fold increase in the number of neoplasms gives rise to concern. Long-term incidence rates varied significantly between the administrative areas of the region. The analysis of epidemiological risk helped establish territories with a very high risk of neoplasms and respiratory diseases in children.

**Conclusion:** Further research should be aimed at identifying factors that have an adverse effect on children's health in the municipalities in order to minimize their impact, which is the main task of public health monitoring.

**Keywords:** incidence, children, risk assessment, public health monitoring.

**For citation:** Martsev AA. Comprehensive analysis of disease incidence and children's health risk assessment at the regional level. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):46–53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-46-53

**Введение.** Залогом устойчивого развития и благополучия любого государства является здоровье детей, которое является общественной и индивидуальной ценностью. Согласно Федеральному закону РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»<sup>1</sup>, государство признает охрану здоровья детей как одно из важнейших и необходимых условий их физического и психического развития. Однако последние годы характеризуются прогрессирующим снижением числа здоровых детей. В условиях негативных демографических тенденций, которые наблюдаются в нашей стране, сохранение здоровья детского населения становится наиболее актуальной задачей здравоохранения как регионального, так и федерального уровней.

Заболеваемость детей относится к основным показателям популяционного здоровья, наиболее объективно характеризующим как его общее состояние, так и степень воздействия различных факторов окружающей среды [1, 2]. Известно, что здоровье детей может являться индикатором состояния окружающей среды, т. к. растущий организм более чувствителен к воздействию средовых компонентов. Поиск факторов риска определяет необходимость регуляторного комплексного анализа состояния популяционного здоровья детского населения в рамках социально-гигиенического мониторинга.

В настоящее время наиболее востребованным направлением при оценке причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения» является применение методов оценки риска [3–6]. Данные методы успешно применяются на региональном уровне, однако в большинстве сводятся к оценке риска на здоровье определенных компонентов среды [7–11]. Для оценки здоровья населения, формирующегося под влиянием комплекса факторов среды обитания территорий, контрастно различающихся по качественным и количественным параметрам, может использоваться оценка эпидемиологического риска<sup>2</sup>.

**Цель исследования** – комплексный анализ первичной заболеваемости детского населения и оценка риска здоровью детей в рамках региона.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы официальные статистические сборники МИАЦ «Состояние здоровья населения Владимирской области» за допандемийный период 2001–2019 гг. Проведен анализ относительных (‰) данных по первичной заболеваемости детского населения (до 14 лет) Владимирской области по 16 классам болезней классификации ВОЗ (МКБ-10) в целом по области и по каждому району отдельно.

Был произведен расчет стандартных эпидемиологических показателей: среднемноголетнее значение (СМЗ), средний абсолютный прирост/убыль, темп прироста/убыли, темп роста/снижения. Статистическую обработку полученных данных производили в программе Microsoft Excel.

Для проверки значений динамических рядов заболеваемости на соответствие закону «нор-

мального» распределения использовали *W*-тест Шапиро – Уилка. Для определения статистически значимых различий в значениях заболеваемости по административным территориям был использован метод расчета доверительных интервалов (95 %). Дополнительно проводили парное сравнение с областными значениями с помощью *t*-теста ( $p < 0,05$ ) или *U*-теста Манна – Уитни. Для объединения административных территорий региона в группы на основе среднемноголетних значений заболеваемости был применен кластерный анализ, метод древовидной кластеризации. Математическую обработку результатов осуществляли в программе Statistica 12. Уровень значимости для проверки нулевых гипотез принимался равным 0,05.

В основу оценки вероятного риска заболеваемости положено определение показателей эпидемиологического риска, полученные значения которого были преобразованы в нормированные по предельной ошибке фонового уровня ( $\Delta$ ) величины. Основной расчетной характеристикой являлся нормированный показатель эпидемиологического риска ( $W^A$ ), значение которого оценивалось по пяти степеням: низкий ( $W^A < 0$ ), умеренный ( $0 < W^A < 1$ ), повышенный ( $1 < W^A < 2$ ), высокий ( $2 < W^A < 3$ ) и очень высокий ( $W^A > 3$ ).

**Результаты.** Анализ динамики первичной заболеваемости детей в регионе показал ее рост за анализируемый период 2001–2019 гг. на 25,9 % с 1812,7 до 2283,0 на 1000 населения.

Самый значительный рост первичной заболеваемости (с 2,4 до 6,1; 154,2 %) отмечается по новообразованиям. Произошло снижение заболеваемости болезнями крови (с 14,5 до 7,1; 51 %), кожи и подкожной клетчатки (с 123,9 до 76,8; 38 %), органов пищеварения (с 61,7 до 53,5; 13,3 %), эндокринной системы (с 21,6 до 10,1; 53,2 %), а также по классу «некоторые инфекционные и паразитарные болезни» (с 114,2 до 75,6; 33,8 %).

Установлено существенное варьирование СМЗ первичной заболеваемости детей в целом по административным территориям. Наиболее благополучным районом по данному показателю является Вязниковский район (1702,5); неблагополучным – областной центр со значением 2576,8. Минимальные и максимальные СМЗ первичной заболеваемости за анализируемый период имеют существенные различия по административным территориям во всех изучаемых классах болезней (табл. 1). Наибольшие различия отмечаются по классу «Болезни нервной системы» – 19,2 раза.

Проведенный кластерный анализ позволил объединить административные территории в группы по сходству СМЗ первичной заболеваемости классами МКБ-10 (рисунок). Результаты данного анализа могут быть полезны при поиске приоритетных факторов, негативно влияющих на здоровье населения. Установлено, что наибольшим сходством в структуре заболеваемости характеризуются Собинский и Суздальский районы. Можно предположить, что здесь на здоровье населения оказывают влияние сходные факторы.

<sup>1</sup> Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 28.04.2023) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

<sup>2</sup> Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: Пособие для врачей / Под редакцией академика РАМН, профессора А.И. Потапова. М., 1999. 48 с.

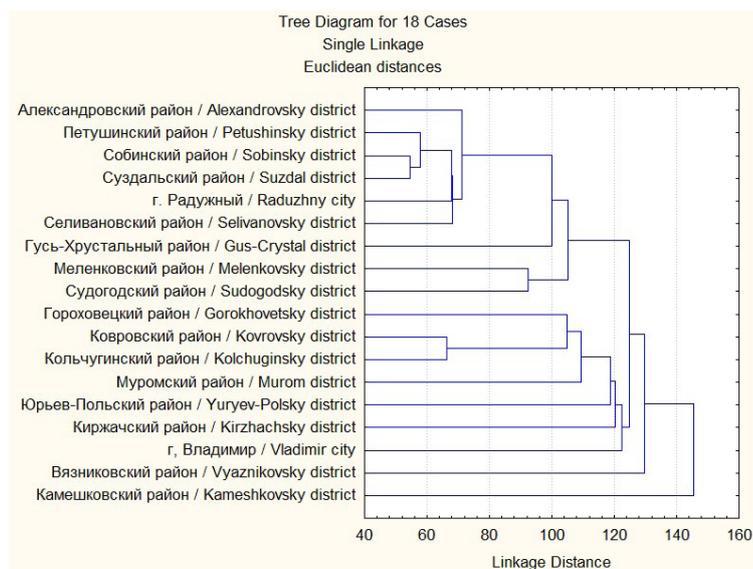
**Таблица 1. Минимальные и максимальные значения первичной заболеваемости детей по основным классам МКБ-10 на 1000 населения****Table 1. Minimum and maximum incidence rates in children by the main ICD-10 disease categories, per 1,000 population**

Класс болезней по МКБ-10 / ICD-10 disease category	Административная территория / Administrative territory	СМЗ / Long-term averages
Инфекционные болезни / Certain infectious and parasitic diseases (A00–B9)	Владимирская область / Vladimir Region	103,3
	Вязниковский район / Vyaznikovsky district	7,2
	Камешковский район / Kameshkovsky district	147,6
Новообразования / Neoplasms (C00–D48)	Владимирская область / Vladimir Region	4,6
	Киржачский район / Kirzhachsky district	1,3
	Гусь-Хрустальный район / Gus-Crystal district	7,0
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism (D50–D89)	Владимирская область / Vladimir Region	10,9
	Кольчугинский район / Kolchuginsky district	3,3
	Собинский район / Sobinsky district	24,3
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ / Endocrine, nutritional and metabolic diseases (E00–E90)	Владимирская область / Vladimir Region	14,9
	Камешковский район / Kameshkovsky district	5,5
	Ковровский район / Kovrovsky district	32,3
Психические расстройства и расстройства поведения / Mental and behavioral disorders (F00–F99)	Владимирская область / Vladimir Region	6,4
	г. Владимир / Vladimir City	0,8
	Вязниковский район / Vyaznikovsky district	11,2
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system (G00–G99)	Владимирская область / Vladimir Region	37,1
	Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	3,7
	г. Владимир / Vladimir City	71,2
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and adnexa (H00–H59)	Владимирская область / Vladimir Region	55,5
	Вязниковский район / Vyaznikovsky district	24,2
	Юрьев-Польский район / Yuryev-Polsky district	96,6
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process (H60–H95)	Владимирская область / Vladimir Region	62,7
	Камешковский район / Kameshkovsky district	16,1
	Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	137,2
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system (I00–I99)	Владимирская область / Vladimir Region	6,8
	Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	1,2
	г. Владимир / Vladimir City	11,4
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system (J00–J99)	Владимирская область / Vladimir Region	1586,9
	Камешковский район / Kameshkovsky district	1156,8
	г. Владимир / Vladimir City	1815,4
Болезни системы органов пищеварения / Diseases of the digestive system (K00–K93)	Владимирская область / Vladimir Region	77,8
	Муромский район / Murom district	23,1
	Селивановский район / Selivanovsky district	132,4
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue (L00–L99)	Владимирская область / Vladimir Region	111,1
	Камешковский район / Kameshkovsky district	30,4
	Вязниковский район / Vyaznikovsky district	158,6
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue (M00–M99)	Владимирская область / Vladimir Region	28,1
	Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	8,2
	Камешковский район / Kameshkovsky district	64,4
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system (N00–N99)	Владимирская область / Vladimir Region	28,0
	Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	6,8
	г. Владимир / Vladimir City	52,2
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения / Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities (Q00–Q99)	Владимирская область / Vladimir Region	12,4
	Александровский район / Alexandrovsky district	2,5
	г. Владимир / Vladimir City	27,0
Травмы и отравления / Injuries and poisoning (S00–T98)	Владимирская область / Vladimir Region	99,0
	Муромский район / Murom district	53,3
	Кольчугинский район / Kolchuginsky district	135,6

Были выявлены районы, в которых значения заболеваемости по каждому классу болезней статистически достоверно отличаются от областных значений (табл. 2). Установлено, что наибольшим числом классов болезней, значения заболеваемости по которым статистически значимо превышают среднеобластные, характеризуются города Радужный (10) и Владимир (8); наименьшим – Вязниковский и Суздальский (по 13) районы.

По каждому классу болезней были установлены территории с самым высоким темпом роста заболеваемости (табл. 3). Стоит отметить, что данный

показатель (темп роста/снижения) отражает только тенденцию в развитии заболеваемости, а его высокие значения могут быть связаны, например, с низкими базовыми значениями. Данные табл. 3 позволяют одновременно определить как территории, в которых произошел рост по наибольшему числу классов болезней (в данном случае это город Владимир), так и классы болезней, по которым произошел рост по наибольшему числу административных территорий (новообразования (C00–D48) и болезни органов дыхания (J00–J99)). Преимущества данного анализа в том, что он позволяет определить динамику по



**Рисунок.** Результаты кластерного анализа на основе среднесноголетних значений первичной заболеваемости детей по МКБ-10  
**Figure.** Results of cluster analysis based on the long-term incidence rates in children according to ICD-10

**Таблица 2.** Результаты сравнения динамических рядов заболеваемости классами МКБ-10 по административным территориям

**Table 2.** Results of comparing dynamic series of the incidence by ICD-10 disease categories across the administrative territories

Административная территория / Administrative territory	A00–B9	C00–D48	D50–D89	E00–E90	F00–F9	G00–G99	H00–H59	H60–H95	I00–I99	J00–J99	K00–K93	L00–L99	M00–M99	N00–N99	Q00–Q99	S00–T98	Σ+/-
Александровский район / Alexandrovsky district	–*	–	–	=**	+***	–	–	=	=	–	+	–	–	–	–	–	2/11
Вязниковский район / Vyaznikovsky district	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	=	–	–	–	2/13
Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	–	–	–	=	=	–	+	+	–	+	=	–	–	–	=	–	3/9
Гусь-Хрустальный район / Gus-Crystal district	=	+	–	–	=	=	=	=	–	=	+	+	+	=	=	=	4/3
Камешковский район / Kameshkovsky district	+	–	+	–	–	=	=	–	–	–	=	–	=	=	–	+	2/8
Киржачский район / Kirzhachsky district	–	–	+	–	–	=	–	–	–	+	=	–	=	–	–	–	2/11
Ковровский район / Kovrovsky district	=	–	–	=	+	=	=	=	=	=	+	–	–	=	–	+	3/5
Кольчугинский район / Kolchuginsky district	=	–	–	–	+	=	=	+	–	=	–	=	=	–	–	+	3/7
Меленковский район / Melenkovsky district	–	–	–	=	+	–	–	–	=	–	=	=	=	–	–	–	1/10
Муромский район / Murom district	–	=	–	–	+	–	–	=	=	=	–	–	–	–	–	–	1/11
Петушинский район / Petushinsky district	–	–	–	=	=	–	=	+	–	=	=	–	–	=	–	–	1/9
Селивановский район / Selivanovsky district	=	–	–	–	–	–	=	=	–	–	+	=	=	=	–	–	1/9
Собинский район / Sobinsky district	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	=	–	–	–	3/12
Судогодский район / Sudogodsky district	=	=	–	–	=	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	=	0/12
Суздальский район / Suzdal district	–	=	–	–	=	–	–	–	–	–	=	–	–	–	–	–	0/13
Юрьев-Польский район / Yuryev-Polsky district	–	–	–	=	=	–	+	–	–	=	=	=	–	–	–	–	1/10
г. Радужный / Raduzhny City	=	+	+	+	=	+	+	+	=	=	+	–	+	+	+	–	10/2
г. Владимир / Vladimir City	=	+	–	=	–	+	+	+	=	+	=	=	+	+	+	=	8/2

Примечание: \* – статистически значимо ниже среднеобластного значения, \*\* – статистически значимо не отличается от среднеобластного значения, \*\*\* – статистически значимо выше среднеобластного значения.

Notes: \* statistically lower than the regional average; \*\* not statistically different from the regional average; \*\*\* statistically higher than the regional average.

**Таблица 3. Значения темпов роста заболеваемости классами МКБ-10 по административным территориям**  
**Table 3. Growth rates of the incidence by ICD-10 disease categories in the administrative territories**

Административная территория / Administrative territory	A00–B9	C00–D48	D50–D89	E00–E90	F00–F99	G00–G99	H00–H59	H60–H95	I00–I99	J00–J99	K00–K93	L00–L99	M00–M99	N00–N99	O00–O99	S00–T98	+
Александровский район / Alexandrovsky district	81,3	170,8	68,9	73,5	102,2	70,5	85,7	62,7	79,8	97,8	35,6	69,8	95,3	75,6	159,3	36,0	3
Вязниковский район / Vyaznikovsky district	63,3	118,9	23,5	64,5	240,1	53,6	70,5	93,0	78,1	102,7	51,7	48,4	43,8	44,5	131,1	112,0	5
Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	140,0	155,9	65,3	103,6	52,4	81,1	184,9	86,3	17,5	123,7	30,8	40,7	100,7	44,6	146,6	140,7	8
Гусь-Хрустальный район / Gus-Crystal district	46,6	682,8	56,2	62,1	171,3	26,4	49,6	85,2	70,2	139,9	278,6	47,0	156,4	72,6	87,5	193,6	6
Камешковский район / Kameshkovsky district	132,0	265,6	69,3	22,2	95,4	112,1	245,3	57,9	55,1	78,9	132,5	106,3	39,0	127,1	89,4	85,2	7
Киржачский район / Kirzhachsky district	71,2	253,3	60,3	21,5	82,8	42,5	75,2	236,5	94,1	120,3	34,3	61,6	38,8	45,7	69,3	86,2	3
Ковровский район / Kovrovsky district	123,8	700,0	54,2	22,5	35,1	63,9	41,2	53,5	26,0	132,8	29,3	78,5	183,6	66,6	63,1	127,9	5
Кольчугинский район / Kolchuginsky district	50,0	652,6	43,9	116,9	51,6	127,2	208,7	101,0	30,3	98,9	149,3	90,8	286,5	67,1	61,9	113,1	8
Меленковский район / Melenkovsky district	14,4	260,7	49,3	85,4	179,3	37,5	45,8	92,1	111,9	166,9	22,2	14,9	75,5	49,7	125,4	109,4	6
Муромский район / Murom district	192,3	192,6	46,4	15,7	114,8	29,7	86,4	145,2	28,8	151,6	32,1	181,3	19,5	38,8	49,7	64,4	6
Петушинский район / Petushinsky district	33,5	569,6	58,1	141,6	39,6	44,8	72,9	96,1	47,2	134,0	215,9	42,2	56,3	80,8	123,0	169,1	6
Селивановский район / Selivanovsky district	127,0	400,0	50,6	58,0	102,8	138,2	81,5	161,1	105,9	123,0	101,5	98,9	41,8	40,5	79,2	78,8	8
Собинский район / Sobinsky district	30,2	17,9	58,2	114,2	126,4	65,0	89,0	48,4	62,0	126,8	51,7	26,6	114,1	105,9	125,0	55,1	6
Судогодский район / Sudogodsky district	3,9	150,5	45,7	88,5	79,3	53,9	49,9	5,9	27,8	105,2	26,7	84,2	46,0	38,4	76,6	83,8	2
Суздальский район / Suzdal district	94,6	293,2	97,6	74,5	59,4	60,9	190,6	211,1	62,1	125,3	94,3	110,9	183,9	127,7	126,7	114,3	9
Юрьев-Польский район / Yuryev-Polsky district	39,0	112,1	86,7	573,5	221,3	165,8	121,7	47,3	51,2	125,1	19,5	78,1	148,7	120,9	108,9	82,5	9
г. Радужный / Raduzhny City	125,3	260,3	73,5	57,6	102,9	60,9	82,9	89,9	37,2	132,9	63,9	50,0	88,3	78,9	50,0	21,5	4
г. Владимир / Vladimir City	167,7	267,1	68,9	228,1	10200,0	175,3	73,0	116,3	388,4	178,4	78,0	72,2	173,5	106,1	139,8	174,2	12

каждой административной единице. Так, например, при общем по области снижении числа болезней крови (D50–D89) в городе Владимире, наоборот, отмечаем рост (56,8%). Аналогично и по классу (L00–L99) при общем снижении заболеваемости в четырех административных территориях отмечаем рост, при этом в Селивановском районе более чем в три раза.

В табл. 4 приведены данные оценки эпидемиологического риска заболеваемости детского населения болезнями системы органов дыхания и новообразованиями. Обоснование выбора для подробной демонстрации этих классов болезней обусловлено высоким ростом значений заболеваемости по ним.

**Обсуждение.** Первичная заболеваемость детей во Владимирской области выше, чем в среднем по стране и по отдельным регионам [12–16]. В том числе в соседней Нижегородской области (данные за 2016 год) [17], хотя в целом по Центральному федеральному округу значения первичной заболеваемости ниже, чем по Приволжскому федеральному

округу [18]. Оба региона относятся к данным округам соответственно. Превышение общероссийских значений в 2019 году составило 1,32 раза (2283,0 против 1724,6). Отмечаем, что значения СМЗ во Владимирской области выше СМЗ в Брянской области, наиболее пострадавшей в Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции [19]. В Московской области значения первичной заболеваемости выше, что, вероятно, объясняется большей доступностью там медицинской помощи [20].

Основной причиной заболеваемости российского населения являются болезни органов дыхания. Они занимают первое место среди случаев обращения за медицинской помощью населения разных возрастных групп по поводу впервые выявленных заболеваний [14, 15, 21, 22]. Не является исключением и Владимирская область. Доминирующее положение в структуре заболеваемости здесь занимают болезни органов дыхания (71 %), при этом рост числа болезней данного класса составил 45,6 % (с 1181,2 до 1719,5).

**Таблица 4. Оценка эпидемиологического риска заболеваемости детей Владимирской области**  
**Table 4. Assessment of the epidemiological risk of neoplasms and diseases of the respiratory system in children of the Vladimir Region**

Административная территория / Administrative territory	Новообразования / Neoplasms (C00–D48)		Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system (J00–J99)	
	WD	Оценка степени риска / Risk assessment	WD	Оценка степени риска / Risk assessment
Александровский район / Alexandrovsky district	0,56	Умеренный / Moderate	1,44	Повышенный / Elevated
Вязниковский район / Vyaznikovsky district	1,68	Повышенный Elevated	0,39	Умеренный / Moderate
Гороховецкий район / Gorokhovetsky district	1,17	Повышенный Elevated	3,49	Очень высокий / Very high
Гусь-Хрустальный район / Gus-Crystal district	7,17	Очень высокий / Very high	2,85	Высокий / High
Камешковский район / Kameshkovsky district	–0,36	Низкий / Low	0,22	Умеренный / Moderate
Киржачский район / Kirzhachsky district	0,15	Умеренный / Moderate	3,12	Очень высокий / Very high
Ковровский район / Kovrovsky district	1,57	Повышенный Elevated	3,31	Очень высокий / Very high
Кольчугинский район / Kolchuginsky district	3,00	Высокий / High	3,17	Очень высокий / Very high
Меленковский район / Melenkovsky district	1,88	Повышенный Elevated	1,43	Повышенный Elevated
Муромский район / Murom district	0,46	Умеренный / Moderate	2,99	Высокий / High
Петушинский район / Petushinsky district	1,47	Повышенный Elevated	2,65	Высокий / High
Селивановский район / Selivanovsky district	–0,05	Низкий / Low	2,00	Повышенный Elevated
Собинский район / Sobinsky district	0,66	Умеренный / Moderate	1,99	Повышенный Elevated
Судогодский район / Sudogodsky district	2,18	Высокий / High	0,38	Умеренный / Moderate
Суздальский район / Suzdal district	5,03	Очень высокий / Very high	1,77	Повышенный Elevated
Юрьев-Польский район / Yuryev-Polsky district	0,86	Умеренный / Moderate	2,91	Высокий / High
г. Радужный / Raduzhny City	6,05	Очень высокий / Very high	2,19	Высокий / High
г. Владимир / Vladimir City	6,05	Очень высокий / Very high	3,68	Очень высокий / Very high

Заболеваемость населения, являясь ведущим критерием общественного здоровья, обусловлена результатом взаимодействия целого ряда факторов, при этом выявить приоритетный часто представляется невозможным. Даже внутри региона заболеваемость имеет определенную специфику, на которую накладывают отпечаток возрастная структура населения, территориально-географические особенности, экологические и социально-экономические факторы. Нами был рассчитан эпидемиологический риск, задачей которого является оценка здоровья населения, формирующегося под влиянием комплекса факторов среды обитания территорий, контрастно различающихся по качественным и количественным параметрам среды обитания за счет естественных факторов и разностепенной антропогенной нагрузки. Следует подчеркнуть, что патологии, входящие в структуру классов болезней, которые были выбраны для анализа, могут служить индикаторами экологического неблагополучия воздушной среды. Так, например, в экологически неблагоприятных регионах высокая заболеваемость болезнями легких и новообразованиями регистрируется, прежде всего, среди детского населения [2, 23–25]. Отмечаем, что значения первичной заболеваемости детей во Владимирской области данными классами болезней выше средних по стране (1752, против 1187,0 по классу «болезни органов дыхания» и 5,2 против 4,8 по классу «новообразования», в 2016 году) [13].

Из табл. 4 видно, что четыре административных территории региона (Гусь-Хрустальный и Суздальский районы, города Радужный и Владимир) характеризуются очень высоким риском развития у детей новообразований и пять (Гороховецкий, Киржачский, Ковровский, Кольчугинский районы и областной центр) – болезней органов дыхания. В предыдущем исследовании в Гусь-Хрустальном, Суздальском

районах и городе Радужном были установлены статистически значимые корреляционные связи между динамикой общей заболеваемости новообразованиями и выбросами загрязняющих веществ от автотранспорта и стационарных источников, а Гороховецкий район является самым неблагополучным по коэффициенту эмиссионной нагрузки [25]. Административным и промышленным центром Гороховецкого района является г. Гороховец, основным стационарным источником загрязнения воздушного бассейна которого является завод по производству стеклотары. Гусь-Хрустальный, Кольчугинский, Ковровский районы, а также город Владимир являются промышленно развитыми и испытывают серьезную нагрузку со стороны стационарных источников и автотранспорта. В Гусь-Хрустальном районе традиционно ведут свою деятельность предприятия по производству стекла и хрусталя. Эколого-гигиеническое исследование почв города показало, что большая часть населения проживает в зоне с почвами умеренно опасной или опасной категории [26]. Город Ковров является крупным оборонным и промышленным центром с развитым машиностроительным производством. Недалеко от районного центра, в котором проживает около 80 % населения района, ведут деятельность карьероуправления, осуществляющие разработку месторождений известняка и доломита открытым способом, что может являться причиной загрязнения атмосферного воздуха мелкими дисперсионными частицами. В Кольчугине ведут деятельность машиностроительный завод и предприятия по обработке и производству товаров из цветных металлов, что является причиной загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами [27]. Таким образом, высокий уровень риска заболеваемости здесь может быть обусловлен в том числе промышленной деятельностью.

**Заключение.** Проведенный комплексный анализ позволил установить, что во Владимирской области наблюдается рост первичной заболеваемости детей, причем ее уровень выше средних значений по стране. В структуре заболеваемости доминируют болезни органов дыхания. Вызывает опасение значительный рост числа новообразований, который составил 2,5 раза. Среднеголетние значения заболеваемости демонстрируют значительные отличия по административным территориям. Так, например, по болезням нервной системы различия составляют более 19 раз. Проведенный анализ эпидемиологического риска позволил установить территории, характеризующиеся очень высоким риском заболеваемости детей новообразованиями и болезнями органов дыхания. Дальнейшие исследования должны быть направлены на идентификацию факторов, негативно отражающихся на состоянии здоровья детей в муниципалитетах, с целью минимизации их влияния, что является главной задачей социально-гигиенического мониторинга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлова Е.В. Состояние здоровья детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2005. № 2. С. 49–51.
2. Глухова Е.И., Подригало Л.В. Особенности первичной заболеваемости детей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях // Здоровье и окружающая среда. 2017. № 27. С. 63–66.
3. Morgunov BA, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Health risk factors of emissions from internal combustion engine vehicles: An up-to-date status of the problem. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(5):7-14. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-7-14. EDN YEIMKJ.
4. Miron I. Health risk assessment of the population in function to the composition of drinking water. *One Health @ Risk Management*. 2021;2(1):22-28. doi: 10.38045/ohrm.2021.1.03
5. Abdulagatov IM, Yahyaev MA, Salikhov ShK, Karaeva AF. Soil heavy metals in dagestan republic and human health risk assessment. *Gigiya i Sanitariya*. 2023;102(2):113-120. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-113-120
6. Ревич Б.А. Риски здоровья населения при изменении климата Арктического макрорегиона // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 395–408. doi: 10.47711/2076-318-2020-395-408
7. Клепиков О.В., Стёпкин Ю.И., Куролап С.А., Епринцев С.А. Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья // Санитарный врач. 2020. № 11. С. 19–28. doi: 10.33920/med-08-2011-02
8. Козловских Д.Н., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Ярушин С.В., Кочнева Н.И., Кадникова Е.П., Малых О.Л. Региональная система управления риском для здоровья населения в субъекте Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. № 10 (101). С. 1255–1261. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1255-1261
9. Май И.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю., Четверкина К.В., Цинкер М.Ю. Риск здоровью населения Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 528–534. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534
10. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 37–42. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
11. Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением почв, для здоровья населения городов // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 299–304. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304
12. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. 2018 Т. 99. № 4. С. 698–705. doi: 10.17816/KMJ2018-698
13. Кардангушева А.М., Эльгарова Л.В., Сабанчиева Х.А., Чочаева М.Ж. Динамика детской и подростковой

заболеваемости на фоне современных медико-демографических процессов в Кабардинобалкарии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 440.

14. Юрьев В.К., Сулейманов Э.А., Межидов К.С., Моисеева К.Е. Особенности первичной заболеваемости детского населения Чеченской республики // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7. № 3. С. 20–27. doi: 10.56871/2725.2022.27.13.003
15. Молочный В.П., Чернышева Н.В. Динамика и структура заболеваемости детей и подростков Хабаровского края за 2009–2018 годы // Дальневосточный медицинский журнал. 2020. № 2. С. 60–67. doi: 10.35177/1994-5191-2020-2-60-67
16. Пашков А.П., Бородина Г.Н., Лопатина С.В., Пашкова А.Н. Первичная неинфекционная заболеваемость детей и влияние на нее показателей социально-экономического развития территорий Алтайского края // Глобальный научный потенциал. 2021. № 11 (128). С. 75–77.
17. Аладышкина А.С., Лакшина В.В., Леонова Л.А., Максимов А.Г. Эколого-экономическое моделирование влияния окружающей среды на заболеваемость подрастающего поколения на примере Нижегородской области // Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения». 2018. № 2 (60). doi: 10.21045/2071-5021-2018-60-2-8
18. Митряков К.И., Данилова К.А. Анализ заболеваемости детского населения Российской Федерации за 2013–2017 // Modern Science. 2019. № 12 (2). С. 105–109.
19. Корсаков А.В., Домакина А.С., Трошин В.П., Гегерь Э.В. Заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области в зависимости от уровней радиационного, химического и сочетанного загрязнения: экологическое исследование // Экология человека. 2020. № 7. С. 4–14. doi: 10.33396/1728-0869-2020-7-4-14
20. Олейник А.В., Мушников Д.Л., Садовникова Н.А. Анализ результативности профилактики болезней верхних дыхательных путей у детей в условиях государственного и частного сектора здравоохранения Московской области // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23. № 8. С. 124–130. doi: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-8-124-130
21. Сабгайда Т.П., Окунев О.Б. Изменение заболеваемости российских детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период // Социальные аспекты здоровья населения. 2012. № 1 (23). С. 1.
22. Рыжаев В.А., Королев В.А. Распространенность и структура заболеваний органов дыхательной системы детского населения Курской области за 2013–2019 гг. // Авиценна. 2021. № 86. С. 4–6.
23. Гаммель И.В., Аношкина Е.В., Кононова С.В. Изучение заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения Нижегородской области // Медицинский альманах. 2018. № 5 (56). С. 214–219. doi: 10.21145/2499-9954-2018-5-214-218
24. Меркулова Н.А., Кусова А.Р. Сравнительный анализ первичной заболеваемости и распространенности заболеваний среди детей 0–14 лет г. Владикавказ, проживающих в районах с разным уровнем загрязненности окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 5 (206). С. 33–35.
25. Трифонова Т.А., Марцев А.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 14–18.
26. Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н. Эколого-гигиеническая оценка почв промышленного города со стекольным производством по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. Т. 6. С. 549–555: https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555
27. Трифонова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Подолец А.А. Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями тяжелых металлов и мышьяка // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 94–101. doi: 10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1.

## REFERENCES

1. Mikhailova YeV. Children's health status under ambient air pollution. *Gigiya i Sanitariya*. 2005;(2):49-51. (In Russ.)

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-46-53>

Original Research Article

2. Glukhova EI, Podrigalo LV. Features of primary morbidity of children living in unfavorable environmental conditions. *Zdorov'e i Okruzhayushchaya Sreda*. 2017;(27):63-66. (In Russ.)
3. Morgunov BA, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Health risk factors of emissions from internal combustion engine vehicles: An up-to-date status of the problem. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(5):7-14. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-7-14
4. Miron I. Health risk assessment of the population in function to the composition of drinking water. *One Health & Risk Management*. 2021;2(1):22-28. doi: 10.38045/ohm.2021.1.03
5. Abdulagatov IM, Yahyaev MA, Salikhov ShK, Karaeva AF. Soil heavy metals in Dagestan Republic and human health risk assessment. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(2):113-120. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-113-120
6. Revich BA. Health risks induced by climate change in Arctic macroregion. *Nauchnye Trudy: Institut Narodnohozaystvennogo Prognozirovaniya RAN*. 2020;(18):395-408. (In Russ.) doi: 10.47711/2076-318-2020-395-408
7. Klepikov OV, Stepkin Yul, Kurolap SA, Yepintsev SA. Organization of monitoring of carcinogens in the atmospheric air of the city and assessment of the health risk. *Sanitarnyy Vrach*. 2020;(11):19-28. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2011-02
8. Kozlovskikh DN, Gurvich VB, Dikonskaya OV, et al. The regional system of health risk management in a subject of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1255-1261. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1255-1261
9. May IV, Kleyn SV, Vekovshinina SA, Balashov SYu, Chetverkina KV, Tsinker MYu. Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(5):528-534. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534
10. Mehantiev II. Health risks for the population of the Voronezh Region related to drinking water quality. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(4(325)):37-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
11. Kamanina IZ, Kaplina SP, Makarov OA. Carcinogenic risk associated with soil pollution for urban population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(3):299-304. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-299-304
12. Baranov AA, Albitskiy VYu. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018;99(4):698-705. (In Russ.) doi: 10.17816/KMJ2018-698
13. Kardangusheva AM, Elgarova LV, Sabanchieva KhA, Chochoeva MZh. The dynamics of child and adolescent morbidity against the background of modern medical and demographic processes in Kabardino-Balkaria. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015;(4):352. (In Russ.)
14. Yuriev VK, Suleymanov EA, Mezhidov KS, Moiseeva KE. Features of the primary incidence of diseases of the child population of the Chechen Republic. *Meditsina i Organizatsiya Zdravookhraneniya*. 2022;7(3):20-27. (In Russ.) doi: 10.56871/2725.2022.27.13.003
15. Molochnii VP, Chernysheva NV. The children's and adolescents morbidity dynamics and structure in the Khabarovsk Territory for the period of 2009–2018. *Dal'nevostochnyy Meditsinskiy Zhurnal*. 2020;(2):60-67. (In Russ.) doi: 10.35177/1994-5191-2020-2-60-67
16. Pashkov AP, Borodin GN, Lopatina SV, Pashkova AN. Primary non-communicable diseases of children and the influence of socio-economic development indicators of the Altai Territory. *Global'nyy Nauchnyy Potentsial*. 2021;(11(128)):75-77. (In Russ.)
17. Aladyshkina AS, Lakshina VV, Leonova LA, Maksimov AG. Ecological and economic modeling of environmental influence on disease incidence in children exemplified by Nizhny Novgorod region. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2018;(2(60)):8. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2018-60-2-8
18. Mityrakov KI, Danilova KA. [Analysis of morbidity of the child population of the Russian Federation for 2013–2017.] *Modern Science*. 2019;(12-2):105-109. (In Russ.)
19. Korsakov AV, Domahina AS, Troshin VP, Geger EV. Child and adult morbidity in the Bryansk region by the level of radioactive, chemical and combined contamination: An ecological study. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2020;(7):4-14. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-7-4-14
20. Oleynik AV, Mushnikov DL, Sadovnikova NA. Analysis of the effectiveness of the prevention of diseases of the upper respiratory tract in children in the public and private health sector of the Moscow region. *Mediko-Farmatsevticheskiy Zhurnal Pul's*. 2021;23(8):124-130. (In Russ.) doi: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-8-124-130
21. Sabgayda TP, Okunev OB. Trends of incidence and prevalence for the main classes of diseases among Russian child, adolescent and adult population during the post-Soviet period. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2012;(1(23)):1. (In Russ.)
22. Ryzhaev VA, Korolev VA. Prevalence and structure of diseases of the respiratory system of the children's population of the Kursk region for 2013–2019. *Avicenna*. 2021;(86):4-6. (In Russ.)
23. Gammel IV, Anoshkina EV, Kononova SV. Study of the incidence of respiratory diseases among the children's population of Nizhny Novgorod region. *Meditsinskiy Almanakh*. 2018;(5(56)):214-218. (In Russ.) doi: 10.21145/2499-9954-2018-5-214-218
24. Merkulova NA, Kusova AR. Comparative analysis of initial morbidity and prevalence of diseases among children till their birth to 14 years old of Vladikavkaz resident of the districts with different level of environmental pollution. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2010;(5(206)):33-35. (In Russ.)
25. Trifonova TA, Martsev AA. Assessment of the impact of air pollution on population morbidity rate in the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(4):14–18. (In Russ.)
26. Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, Kurbatov YuN. Ecological and hygienic assessment of soils on the content of heavy metals and arsenic in an industrial city with glass production. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(6):549-555. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555
27. Trifonova TA, Podolets AA, Selivanov OG, Martsev AA, Podolets AA. Assessment of soil contamination in the recreational areas of the city by the industrial compounds of heavy metals and arsenic. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ekologiya*. 2018;(2):94-101. (In Russ.) doi: 10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1

#### Сведения об авторе:

✉ **Марцев** Антон Андреевич – к.б.н., доцент, доцент кафедры биологии и экологии; e-mail: MartsevAA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>.

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

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

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 11.07.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликована: 29.12.23

#### Author information:

✉ **Anton A. Martsev**, Cand. Sci. (Biol.), docent; Associate Professor, Department of Biology and Ecology; e-mail: MartsevAA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>.

**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: July 11, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023



## Школьно-обусловленные факторы риска нарушений осанки и деформаций позвоночника у детей и подростков г. Казани

О.Р. Радченко<sup>1,2</sup>, Е.А. Тафеева<sup>1</sup>, М.Р. Садыкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Республика Татарстан, Россия

<sup>2</sup> Министерство здравоохранения Республики Татарстан, ул. Бутлерова, д. 40/11, г. Казань, 420012, Республика Татарстан, Россия

### Резюме

**Введение.** Особую обеспокоенность отечественных специалистов вызывает ухудшение состояния здоровья детей и подростков в период школьного обучения. В структуре заболеваемости первые ранговые места традиционно занимают миопия и болезни костно-мышечной системы.

**Цель исследования** – изучить распространенность школьно-обусловленных факторов риска развития нарушений осанки и деформаций позвоночника у учащихся различных возрастных групп.

**Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 278 учащихся в возрасте 9–15 лет. В декабре 2022 г. проведена оценка расписания; функциональных параметров учебной мебели; веса портфеля и учебных принадлежностей; соответствия сменной обуви гигиеническим требованиям. Для обработки полученных данных вычислялись средние, минимальные и максимальные значения, доля признака; достоверность различий оценивалась по критерию Фишера.

**Результаты.** Установлено, что во всех классах наблюдаются нарушения в организации учебного процесса (сдвоенные уроки, отсутствие физкультминуток). Оценка школьной мебели показала, что доля несоответствия стола и стула росту учащихся в начальной школе составляет 32,09 и 40,30 %, уменьшаясь к 9-му классу до 13,16 и 21,05 % соответственно. Несоответствие среднего веса портфеля отмечают: у девочек в начальной школе в 97,14 % случаев и 20,68 % – в 7–8-м классе ( $\varphi_{эмр} = 8,395$ ;  $p \leq 0,001$ ); доля мальчиков с превышением рекомендуемого значения в 3–4-м классе – 93,75 %, в 7–8-м классе – 28,00 % ( $\varphi_{эмр} = 6,46$ ;  $p \leq 0,001$ ). Оценка соответствия сменной обуви гигиеническим требованиям выявила достоверное ( $\varphi_{эмр} = 1,85$ ;  $p \leq 0,05$ ) превышение числа мальчиков в начальной школе (71,32 %), предпочитающих кроссовки; более чем у трети девочек всех возрастных групп в качестве второй обуви встречаются балетки или кроссовки.

**Заключение.** Распространенность школьно-обусловленных факторов риска нарушений осанки выше в начальной школе, что позволяет прогнозировать увеличение количества учащихся с дорсопатиями в старших классах. Для сохранения здоровья школьников предложен комплекс мероприятий по минимизации воздействия школьно-обусловленных факторов риска.

**Ключевые слова:** нарушение осанки, учебные принадлежности, ученический рюкзак, школьная мебель, обувь.

**Для цитирования:** Радченко О.Р., Тафеева Е.А., Садыкова М.Р. Школьно-обусловленные факторы риска нарушений осанки и деформаций позвоночника у детей и подростков г. Казани // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 11. С. 54–62. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-54-62

## School-Related Risk Factors for Posture Disorders and Spinal Deformities in Children and Adolescents in Kazan

Olga R. Radchenko,<sup>1,2</sup> Elena A. Tafeeva,<sup>1</sup> Milyausha R. Sadykova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russian Federation

<sup>2</sup> Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, 40/11 Butlerov Street, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** Deterioration of health of children and adolescents during school years is of particular concern to domestic experts. Myopia and diseases of the musculoskeletal system traditionally rank high in the structure of pediatric diseases.

**Objective:** To study the prevalence of school-related risk factors for postural disorders and spinal deformities in schoolchildren of different age groups.

**Materials and methods:** The study was conducted in December 2022 involving 278 students aged 9–15 years. We evaluated the lesson timetable, functional parameters of school furniture, weights of schoolbags and supplies, and the compliance of indoor shoes with hygienic requirements. The data were then analyzed to obtain the mean, minimum and maximum values, the share of the trait, and the significance of differences was assessed using Fisher's exact test.

**Results:** We found violations in organization of the educational process, such as double lessons and the absence of in-class physical activity breaks, in all grades. Evaluation of classroom furniture showed that the proportion of table and chair mismatch with the height of students in elementary school was 32.09 % and 40.30 %, decreasing by the ninth grade to 13.16 % and 21.05 %, respectively. The mean weight of the schoolbag was above the permitted level in 97.14 % of elementary school girls and in 20.68 % of girls in grades 7–8 ( $\varphi_{эмр} = 8.395$ ;  $p \leq 0.001$ ); as for boys, the recommended schoolbag weight was exceeded in 93.75 % of third to fourth graders and 28 % of seventh to eighth graders ( $\varphi_{эмр} = 6.46$ ;  $p \leq 0.001$ ). Assessment of the compliance of indoor shoes with hygienic requirements revealed a significant ( $\varphi_{эмр} = 1.85$ ;  $p \leq 0.05$ ) excess in the number of elementary school boys (71.32 %) who prefer sneakers; more than a third of girls of all age groups have ballet flats or sneakers as their indoor footwear.

**Conclusion:** The prevalence of school-related risk factors for posture disorders is higher in elementary school, which makes it possible to predict an increase in the number of students with dorsopathy in high school. To maintain health of students, a set of measures has been proposed to minimize the adverse impact of school-related risk factors.

**Keywords:** poor posture, school supplies, student backpack, school furniture, shoes.

**For citation:** Radchenko OR, Tafeeva EA, Sadykova MR. School-related risk factors for posture disorders and spinal deformities in children and adolescents in Kazan. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(11):54–62. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-54-62

**Введение.** Охрана здоровья детей и подростков путем создания благоприятной и безопасной среды для их гармоничного роста и развития является приоритетной задачей государства. Ухудшение состояния здоровья детей во время обучения в школе отмечается современными отечественными и зарубежными исследователями [1–6]. Так, даже среди обучающихся младшего подросткового возраста самыми часто встречающимися заболеваниями, выявляемыми при профилактических осмотрах, являются заболевания костно-мышечной системы, нервной системы и психической сферы, глаза и его придаточного аппарата, пищеварительной системы [2]. Фактически все исследователи связывают происходящие изменения в состоянии здоровья учащихся с отрицательным влиянием внутришкольной среды и, прежде всего, с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса, увеличением доли заданий с использованием электронных средств обучения [6–12]. В качестве фактора риска нарушения здоровья детей и подростков в ряде работ рассматривается образ жизни: сокращение продолжительности сна и гиподинамия [8, 13].

По результатам профилактических медицинских осмотров первое ранговое место занимают функциональные отклонения и хронические заболевания опорно-двигательного аппарата, распространенность которых увеличивается с возрастом учащихся [4, 14]. По данным, опубликованным в 2022 г., патология опорно-двигательного аппарата встречается гораздо чаще: у 77–83,3 % школьников, причем у каждого второго ученика начальной и основной школы она проявлялась деформирующей дорсопатией, а у каждого второго старшеклассника – сколиозом [15]. Ряд авторов выдвигают гипотезу, что основной причиной возникновения нарушений осанки и деформаций позвоночника в детском и подростковом возрасте является снижение минеральной плотности кости и возникающий в последующем остеопороз. При этом авторы отмечают, что основными неблагоприятными факторами, провоцирующими подобные изменения в опорно-двигательном аппарате, служат недостаточное питание, ограничение потребления молочных продуктов, дефицит основных макро- и микронутриентов (Ca, P, витамин D и др.) [16]. Данное исследование заслуживает внимания, особенно для разработки практических рекомендаций по включению в рацион питания детей и подростков продуктов, богатых кальцием.

Таким образом, изучение школьно-обусловленных факторов риска развития нарушения осанки и разработка мероприятий по минимизации их воздействия на состояние здоровья учащихся является актуальной задачей на сегодня.

**Цель исследования** – изучить распространенность школьно-обусловленных факторов риска развития нарушений осанки и деформаций позвоночника у учащихся различных возрастных групп.

**Материалы и методы.** Исследование выполнялось в декабре 2022 г. в одной из школ г. Казани; в нем приняло участие 278 учащихся (140 девочек и 138 мальчиков, средний возраст  $11,47 \pm 2,85$  года)

с 3-го по 9-й класс. Родители детей и подростков подписали информированное добровольное согласие на участие их детей в исследовании. Протокол исследования одобрен локальным комитетом по биомедицинской этике ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава России от 18 октября 2022 года (протокол № 8).

На первом этапе были изучены школьно-обусловленные факторы риска: с точки зрения непрерывного статического положения тела учащихся в течение учебного дня – соответствие расписания уроков одной учебной недели гигиеническим требованиям. Анализ проводился по следующим критериям: соответствие объема недельной учебной нагрузки возрасту учащихся; продолжительность перемен; рациональность распределения уроков; количество уроков физической культуры; проведение физкультминуток. Также было проведено изучение правильной раскладки детей и соответствие школьной мебели ростовозрастным особенностям учащихся. Для этого при участии медицинской сестры образовательного учреждения был измерен рост учащихся.

На втором этапе проводили измерение среднего веса портфеля и учебных принадлежностей учащихся в течение одной учебной недели, а также оценку соответствия сменной обуви гигиеническим требованиям.

Статистическая обработка результатов исследования включала применение методов параметрической и непараметрической статистики: для количественных переменных были рассчитаны средние величины и ошибка средней арифметической. Для относительных показателей использовали определение удельного веса (доли признака, %); оценку достоверности различий проводили путем расчета критерия Фишера ( $\varphi$ ).

**Результаты.** При поведении анализа расписания занятий было установлено, что во всех выбранных для изучения классах объем недельной учебной нагрузки, начало занятий и продолжительность перемен соответствовали гигиеническим требованиям. Однако в 8–9-м классах встречались сдвоенные уроки по математике, информатике и русскому языку. Уроки физической культуры поставлены в младшей школе в середине учебного дня, у старшеклассников – в начале и конце учебного дня. Выборочное интервьюирование учащихся и учителей школы показало, что физкультминутки на уроках не проводятся.

Учебная мебель в образовательном учреждении стандартная, имеют маркировку в соответствии с цветовой таблицей параметров мебели: столы – двухместные, с постоянными параметрами; стулья – с неизменной высотой сидения. Во всех классах схема установки столов одинаковая, соответствует возрастному диапазону. Однако при этом стулья не всегда находятся на соответствующем ученическому столу месте. Проведенные замеры школьной мебели и роста учащихся показали, что в начальной школе доля несоответствия стола росту учащихся составляет 32,09 %, стула – 40,3 % (табл. 1). В старшей школе происходит достоверное снижение

данных показателей; так, в 9-м классе зафиксированы несоответствия стола росту учащихся лишь в 13,16 % случаев ( $\varphi_{эмп} = 2,51; p \leq 0,001$ ), стула – в 21,05 % случаев ( $\varphi_{эмп} = 2,29; p \leq 0,05$ ).

На втором этапе было проведено измерение среднего веса ученического портфеля с учебными принадлежностями (табл. 2). Результаты измерений показали, что в младшей школе это значение превышает рекомендуемые в среднем на 870 г, при этом доля таких учащихся приближается к 100 %. Обращает на себя внимание тот факт, что у мальчиков всех возрастных групп портфель тяжелее, чем у девочек. Выявленный удельный вес лиц, у которых вес портфеля не соответствует гигиеническим требованиям, достоверно уменьшается к старшей школе: доля девочек с превышением рекомендуемого значения веса рюкзака в 3–4-м классе – 97,14 %; в 7–8-м классе – 20,68 % ( $\varphi_{эмп} = 8,395; p \leq 0,001$ ); доля мальчиков с превышением рекомендуемого значения веса рюкзака в 3–4-м классе – 93,75 %; в 7–8-м классе – 28 % ( $\varphi_{эмп} = 6,46; p \leq 0,001$ ). Таким образом, можно констатировать, что у учащихся начальной школы риск нарушения осанки выше, чем у школьников в средних и старших классах.

Оценка соответствия сменной обуви гигиеническим требованиям также выявила ряд особенностей (рис. 1). Так, доля девочек, у которых сменную обувь можно отнести к соответствующей гигиеническим нормативам, в 3-м и 4-м классах составляет 52,76 % (тогда как у мальчиков всего 29,7 %;  $\varphi_{эмп} = 2,75; p \leq 0,001$ ). Однако с переходом в старшие классы девочки начинают предпочитать обувь на каблучке, который не является физиологичным для их возраста, – таким образом, количество девочек

в 9-м классе, у которых обувь соответствует гигиеническим требованиям, снижается до 41,18 %. С мальчиками ситуация обстоит иначе: детей в 3–4-м классах, которые в качестве второй обуви носят кроссовки, 71,31 %, однако к 9-му классу их количество достоверно уменьшается до 47,62 % ( $\varphi_{эмп} = 1,85; p \leq 0,05$ ).

На основании проведенного исследования, анализа имеющихся данных отечественных и зарубежных авторов [6, 7, 9–17], а также нормативно-правовых актов была разработана схема управления школьно-обусловленными факторами риска нарушения осанки у школьников в условиях образовательных организаций, в которой предусмотрено участие врача по гигиене детей и подростков отделения организации медицинской помощи несовершеннолетним в проведении первичной профилактической работы и врача-педиатра отделения организации медицинской помощи несовершеннолетним в проведении первичной и вторичной профилактики (рис. 2).

Данная схема включает основные положения, отраженные в приложениях № 4 и 5 к Порядку оказания медицинской помощи несовершеннолетним, в том числе в период обучения и воспитания в образовательных организациях, и адаптирована под рассматриваемую в данной статье тему – снижение факторов риска нарушения осанки у школьников. При этом направления работы врача по гигиене детей и подростков (ГДиП) и врача-педиатра отделения организации медицинской помощи несовершеннолетним в образовательных организациях должны, с одной стороны, быть разграничены, с другой – направлены на достижение цели: снижение обучающихся с нарушениями костно-мышечной системы.

**Таблица 1. Оценка распространенности фактора риска: несоответствие школьной мебели гигиеническим требованиям в разных возрастных группах**

**Table 1. Assessment of the prevalence of the risk factor: non-compliance of school furniture with hygienic requirements in different age groups**

Возраст (класс), количество (N) школьников / Age (class) number (N) schoolchildren	Длина тела (рост, мм) учеников (M ± s) / Body length (height, mm) of schoolchildren (M ± s)	Высота рабочей плоскости: стол (высота до крышки, мм) / стул (высота до сидения, мм) – количество мест для учеников (мест) / Height of the working plane: table (height to the cover, mm) / chair (height to the seat, mm) – the number of places for students (seats)	Нормируемые значения по СанПиН 1.2.3685–21 / Standardized values according to Sanitary Rules and Norms 1.2.3685–21			Доля выявленных несоответствий стол / стул (%) / Percentage of detected nonconformities table / chair (%)
			Длина тела (рост, мм) / Body length (height, mm)	Высота рабочей плоскости: стол (высота до крышки) / стул (высота до сидения) / Working plane height: table (height to cover) / chair (height to seat)	Номер мебели / Furniture number	
9–10 лет (3–4-й класс), N = 134 чел. / 9–10 years old (grades 3–4), N = 134	1378 ± 112	520 / 300 – 6 мест 580 / 340 – 30 мест 640 / 380 – 6 мест	1300–1450	580 / 340	2 3 4	32,09* / 40,30**
11–12 лет (5–6-й класс), N = 52 чел. / 11–12 years old (grades 5–6), N = 52	1489 ± 68	580 / 340 – 6 мест 640 / 380 – 24 места 700 / 420 – 6 мест	1450–1600	640 / 380	3 4 5	19,23 / 26,92
13–14 лет (7–8-й класс), N = 54 чел. / 13–14 years old (grades 7–8), N = 54	1584 ± 74	580 / 340 – 6 мест 640 / 380 – 30 мест 700 / 420 – 6 мест	1450–1600	640 / 380	3 4 5	18,52 / 29,63
15 лет (9-й класс), N = 38 чел. / 15 years old (grade 9), N = 38	1648 ± 51	640 / 380 – 6 мест 700 / 420 – 24 места 760 / 460 – 6 мест	1600–1750	700 / 420	4 5 6	13,16* / 21,05**

**Примечание:** \* – статистически значимые различия сравнения данных соответствия ученического стола росту учащихся в младших и старших классах ( $\varphi_{эмп} = 2,51; p \leq 0,001$ ); \*\* – статистически значимые различия сравнения данных соответствия ученического стула росту учащихся в младших и старших классах ( $\varphi_{эмп} = 2,29; p \leq 0,05$ ).

**Notes:** \* statistically significant differences in the comparison of data on the correspondence of the student table to the height of students in junior and senior grades ( $\varphi_{эмп} = 2.51; p \leq 0.001$ ); \*\* statistically significant differences in the comparison of data on the correspondence of the student's chair to the height of students in junior and senior grades ( $\varphi_{эмп} = 2.29; p \leq 0.05$ ).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-54-62  
Original Research Article

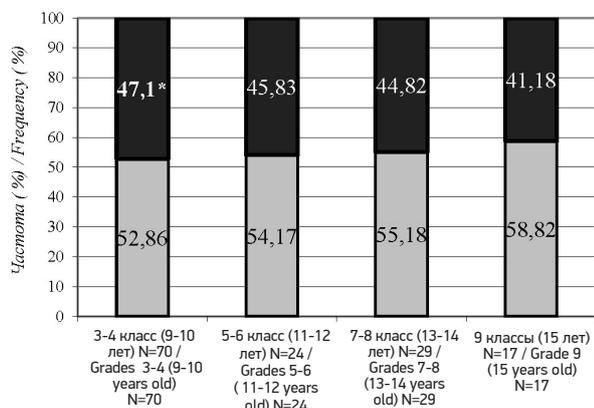
**Таблица 2. Распространенность фактора риска: веса учебного рюкзака с учебными принадлежностями (средние, минимальные и максимальные значения) в различных возрастных группах среди девочек и мальчиков**

**Table 2. Prevalence of the risk factor: the weight of a schoolbag with educational supplies (mean, minimum and maximum values) in different age groups of girls and boys**

Показатели / Indicators	3–4-й класс (9–10 лет) / Grades 3–4 (9–10 years old)		5–6-й класс (11–12 лет) / Grades 5–6 (11–12 years old)		7–8-й класс (13–14 лет) / Grades 7–8 (13–14 years old)		9-е классы (15 лет) / Grade 9 (15 years old)	
	Девочки (N=70) / Girls (N=70)	Мальчики (N=64) / Boys (N=64)	Девочки (N=24) / Girls (N=24)	Мальчики (N=28) / Boys (N=28)	Девочки (N=29) / Girls (N=29)	Мальчики (N=25) / Boys (N=25)	Девочки (N=17) / Girls (N=17)	Мальчики (N=21) / Boys (N=21)
Среднее значение ( $M \pm s$ ) / Mean value ( $M \pm s$ )	3534,9 ± 845	3571,2 ± 859,3	3875 ± 821,8	3898,9 ± 802,6	3135,8 ± 707,8	3290,3 ± 890,6	2990 ± 759,6	3515,4 ± 1081
Рекомендуемое значение веса ежедневного комплекта учебников и учебных принадлежно- стей, кг / Recommended weight of a daily set of textbooks and school supplies, kg	≤ 2		≤ 2,5		≤ 3,5		≤ 4,0	
Масса учебного рюкзака, кг / Empty schoolbag weight, kg	≤ 0,7		≤ 1		≤ 1		≤ 1	
Доля учащихся с превы- шением рекомендуемого значения веса, % / Proportion of students carrying a schoolbag that is heavier than the recommended, %	97,14 %*	93,75 %**	79,16 %	75 %	20,68 %*	28 %**	0 %	4,76 %

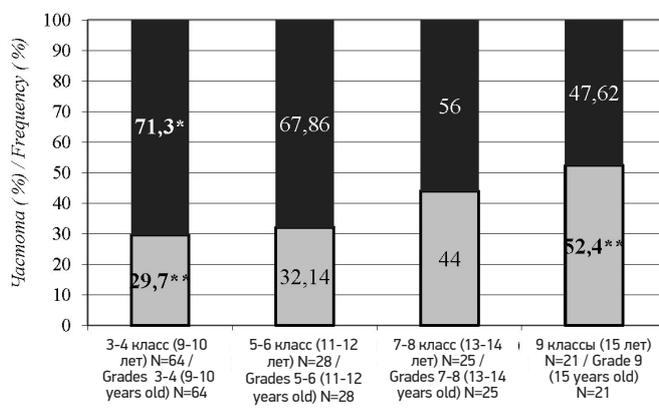
**Примечание:** \* – статистически значимые различия сравнения данных доли девочек с превышением рекомендуемого значения веса рюкзака в 3–4-м классе и в 7–8-м классе ( $\varphi_{эмр} = 8,395; p \leq 0,001$ ); \*\* – статистически значимые различия сравнения данных доли мальчиков с превышением рекомендуемого значения веса рюкзака в 3–4-м классе и в 7–8-м классе ( $\varphi_{эмр} = 6,46; p \leq 0,001$ ).

**Notes:** \* statistically significant differences in the comparison of data on the proportion of girls with excess of the recommended schoolbag weight in grades 3–4 and in grades 7–8 ( $\varphi_{эмр} = 8,395; p \leq 0,001$ ); \*\* statistically significant differences in the comparison of the proportion of boys with excess of the recommended schoolbag weight in grades 3–4 and in grades 7–8 ( $\varphi_{эмр} = 6,46; p \leq 0,001$ ).



Возрастные группы девочек / Age groups of girls

- Балетки или кроссовки (не соответствие гигиеническим нормативам) / Ballet flats or sneakers (noncompliant)
- Туфли (соответствие гигиеническим нормативам) / Shoes (compliant with hygienic standards)



Возрастные группы мальчиков / Age groups of boys

- Кроссовки (не соответствие гигиеническим нормативам) / Sneakers (noncompliant)
- Ботинки, туфли, сандалии (соответствие гигиеническим нормативам) / Boots, shoes and sandals (compliant with hygienic standards)

**Примечание:** \* – статистически значимые различия при сравнении данных удельного веса девочек и мальчиков в 3–4-м классах, у которых сменная обувь соответствует гигиеническим нормативам ( $\varphi_{эмр} = 2,75; p \leq 0,001$ ); \*\* – статистически значимые различия доли при сравнении данных удельного веса мальчиков младших и старших классов, имеющих не соответствующую гигиеническим требованиям сменную обувь ( $\varphi_{эмр} = 1,85; p \leq 0,05$ ).

**Notes:** \* statistically significant differences when comparing data on the proportion of girls and boys in grades 3–4, whose indoor shoes meet hygienic standards ( $\varphi_{эмр} = 2,75; p \leq 0,001$ ); \*\* statistically significant differences in the proportion when comparing data on the proportion of boys of junior and senior classes who do not meet hygienic requirements for indoor shoes ( $\varphi_{эмр} = 1,85; p \leq 0,05$ ).

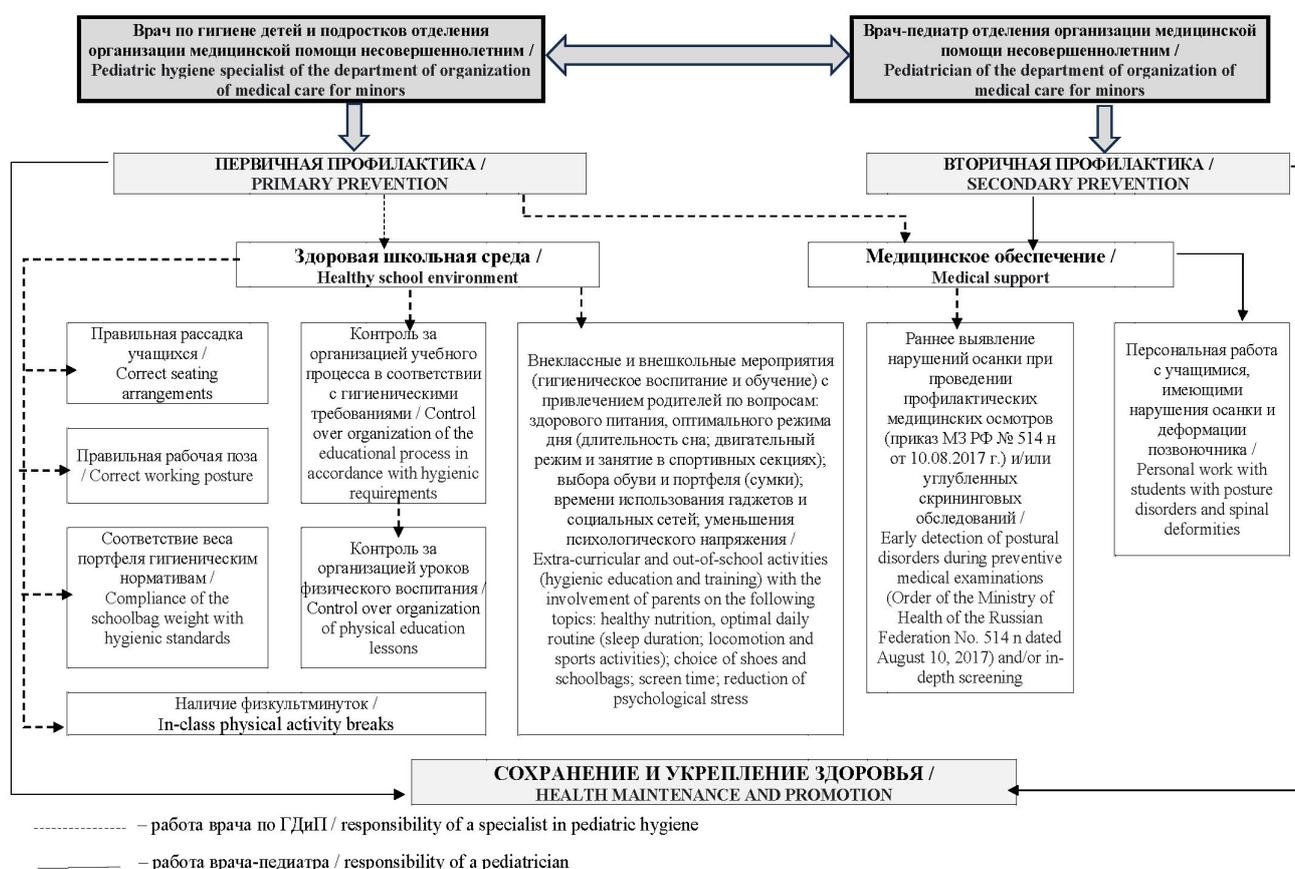
**Рис. 1. Оценка распространенности фактора риска: несоответствие сменной обуви гигиеническим требованиям в различных возрастных группах среди девочек и мальчиков**

**Fig. 1. Assessment of the prevalence of the risk factor: non-compliance of indoor shoes with hygienic requirements in different age groups of girls and boys**

Поэтому при проведении работы по снижению воздействия на обучающихся школьно-обусловленных факторов риска работа врача по ГДиП (на схеме обозначена пунктирной линией) кроме функций, касающихся контроля за соблюдением санитарно-гигиенических требований к условиям обучения и воспитания, должны заключаться во «внедрении новых профилактических и гигиенических диагностических технологий» и «организации работы по коррекции нарушений здоровья несовершеннолетних, снижающих возможности их социальной адаптации, ограничивающих возможности обучения, выбора профессии, подготовки к военной службе». При планировании и проведении мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья, устранение вредного влияния на здоровье несовершеннолетних факторов внутришкольной среды, еще одним направлением деятельности врача по ГДиП должен стать контроль организации физического воспитания подростков и непосредственное участие в организации профилактических медицинских осмотров для раннего выявления нарушений осанки. Кроме того, важное значение будет иметь постоянное проведение гигиенического воспитания и обучения (как с учащимися, так и с их родителями), которое может проводиться совместно с педагогами в рамках внеклассных мероприятий. В свою очередь врач-педиатр будет осуществлять только диагностическую (организация и проведение

профилактических осмотров) и реабилитационную (в случае обнаружения нарушений осанки или сколиоза) деятельность. Квадрат, обозначенный в схеме как «Персональная работа с учащимися, имеющими нарушения осанки и деформации позвоночника», подразумевает индивидуальную работу с учеником – согласование с педагогом по физической культуре вида и величины нагрузки во время занятий; работу с родителями – выяснение факторов риска в домашних условиях (питание, режим дня, занятие в секциях и пр.) и направление в амбулаторно-поликлиническое учреждение по месту жительства для проведения дополнительного обследования и назначения лечебно-реабилитационных мероприятий. Такое разграничение функций, на наш взгляд, позволит добиться сохранения и укрепления здоровья подрастающего поколения путем устранения или минимизации воздействия вредного влияния факторов школьной среды.

**Обсуждение.** Исследования, проводимые в различных городах Российской Федерации и за рубежом, выделяют идентичные проблемы, формирующие факторы риска школьной среды. Предлагаются профилактические мероприятия, например: оборудовать кабинеты для младших классов партами-трансформерами [17]. Полученные нами данные показывают, что такая необходимость действительно существует, т. к. именно в начальных классах обнаружена самая большая доля



**Рис. 2.** Схема управления школьно-обусловленными факторами риска нарушения осанки у школьников в условиях образовательных организаций

**Fig. 2.** Diagram for managing school-related risk factors for postural disorders in children in the context of educational institutions

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-54-62>  
Original Research Article

несоответствия школьной мебели росту учащихся. Другие авторы предлагают применение комплекса специально подобранных физических упражнений на уроках физической культуры в качестве эффективной профилактической меры [18].

На основании проведенных исследований, авторы сходятся во мнении, что любое изменение свода стопы может влиять на состояние осанки и позвоночник [19].

Данные, полученные нами при проведении изучения соответствия сменной обуви гигиеническим требованиям, согласуются с данными, полученными коллегами из Уральского государственного медицинского университета в 2021 г. [20]. Сотрудниками НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России проводят изучение «сохранения устойчивости вертикальной позы» школьников в зависимости от различной сменной обуви используя метод компьютерной постурографии [21, 22]. Показано, что модель обуви с фиксированным задником и закрытой носочной частью обеспечивает самые оптимальные условия.

Необходимо отметить положительный опыт, который имеется в ряде регионов России и за рубежом в отношении минимизации такого фактора риска, как тяжелый школьный ранец. Так, в ряде школ Екатеринбурга учащиеся обеспечили дополнительным комплектом учебников для занятий в школе, тем самым исключив необходимость ежедневного ношения их собой [23]. Такие же рекомендации были предложены в Швейцарии, после изучения факторов риска и нарушения осанки у школьников г. Базеля [24].

В ходе проведенного исследования, Кучма В.Р. и соавт. в 2022 г. делают акцент на необходимости дополнительных видов исследования во время проведения профилактических медицинских осмотров: биомониторинг и определение адаптационных возможностей организма [25]. Другие авторы настаивают на необходимости постоянного проведения занятий с обучающимися по привитию приверженности здоровому образу жизни [26–28].

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что распространенность школьно-обусловленных факторов риска нарушений осанки (не соответствующие гигиеническим нормативам ученическая мебель, вес школьного рюкзака и сменная обувь) выше у учащихся начальной школы г. Казани. Для сохранения здоровья школьников предложен комплекс мероприятий по минимизации воздействия школьно-обусловленных факторов риска. Основными мероприятиями, которые могут быть рекомендованы для профилактики нарушений осанки при последующем обучении, можно считать: пересмотр учебного расписания в соответствии с гигиеническими требованиями; обязательное проведение физкультминуток на уроках, гигиеническое воспитание детей и их родителей по вопросам правильного выбора обуви, наполнения школьных портфелей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н. Состояние здоровья детей в современной России. М: Издательство «ПедиатрЪ», 2020. 116 с.
2. Кучма В.Р., Соколова С.Б., Рапопорт И.К., Чубаровский В.В. Влияние поведенческих факторов риска на формирование отклонений в состоянии здоровья обучающихся // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1206–1213. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1206-1213
3. Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Сухарева Л.М. и др. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 4. С. 325–333. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333
4. Храмов П.И., Березина Н.О. Состояние здоровья младших школьников, обучающихся в режиме динамических поз // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 18–23. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-18-23
5. Разварина И.Н., Груздева М.А. Здоровье детей школьного возраста: факторы риска // Социальные, культурные исследования и безопасность. 2019. № 4. С. 115–120. doi: 10.14258/ssi(2019)4-10
6. Atia DT, Elsayed NI, Abdelmonem AF, et al. Prevalence of musculoskeletal disorders among general and technical secondary school students in Egypt. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(2):1465. doi: 10.3390/ijerph20021465
7. Ben Ayed H, Yaich S, Trigui M, et al. Prevalence, risk factors and outcomes of neck, shoulders and low-back pain in secondary-school children. *J Res Health Sci*. 2019;19(1):e00440.
8. Киреева Е.В. Формирование общих представлений и навыков здоровьесбережения у обучающихся в условиях общеобразовательной школы // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». 2022. № 1. С. 33–39. Доступно по: <https://koirojournal.ru/realises/g2022/01apr12022/kvo105/>. Ссылка активна на 12 июля 2023.
9. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лужецкий К.П. и др. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 66–83. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08
10. Ковалева И.П., Заярная И.А., Бородина Е.В. Медико-социальные аспекты оптимизации нагрузки на позвоночник учащихся средних образовательных школ // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2019. Т. 27 № 6. С. 1032–1037. doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-6-1032-1037
11. Лангуев К.А. Основные гигиенические проблемы организации учебного процесса в современной школе // *Universum: медицина и фармакология* : электрон. научн. журн. 2022. 4(87). doi: 10.32743/Uni-Med.2022.87.4.13372 Доступно по: <https://7universum.com/ru/med/archive/item/13372>. Ссылка активна на 12 июля 2023.
12. Богомолова Е.С., Котова Н.В., Максименко Е.О., Олюшина Е.А., Лангуев К.А., Кокурина Е.В. Гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся школ и гимназий Нижнего Новгорода // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 32–39. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39

13. Березина Н.О., Степанова М.И. Влияние цифровых средств обучения на самочувствие обучающихся средних классов // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 8 (329). С. 20–25. doi: 10.35627/2219-5238/2020-329-8-20-25
14. Храмов П.И. Концептуальные и методические основы диагностики и профилактики нарушений и заболеваний костно-мышечной системы у детей в условиях образовательных организаций // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2019. № 1. С. 49–57.
15. Маклакова О.А., Вандышева А.Ю., Штина И.Е., Валина С.Л. Особенности формирования нарушений осанки у детей в период школьного обучения. *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101. № 6. С. 655–661. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-655-661
16. Мансурова Г.Ш., Мальцев С.В., Рябчиков И.В. Особенности формирования опорно-двигательной системы у школьников: заболевания, причины и возможные пути коррекции // *Практическая медицина*. 2019. Т. 17. № 5. С. 51–55. doi: 10.32000/2072-1757-2019-5-51-55
17. Саргош О.Д., Четверикова О.П., Катрушов А.В. Гигиеническое нормирование школьной мебели как составляющая парадигмы профилактики нарушения осанки ребенка // *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. 2019. № 2 (13). С. 91–96.
18. Храмов П.И. Эффективность профилактики и коррекции нарушений функционального состояния костно-мышечной системы у младших школьников в процессе физического воспитания // *Здоровье населения и среда обитания*. 2017. № 8 (293). С. 44–45. doi: 35627/2219-5238/2017-293-8-44-45
19. Храмов П.И., Седова А.С., Березина Н.О. Состояние стоп у младших школьников в условиях инновационной формы обучения // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101, № 2. С. 225–230. doi: 47470/0016-9900-2022-101-2-225-230
20. Комина Я.В., Анкудинова А.В., Насыбуллина Г.М. Гигиеническая оценка школьной обуви и ее влияние на здоровье ребенка // VI Международная (76 Всероссийская) научно-практическая конференция «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения». Екатеринбург, 8-9 апреля 2021 года : в 3-х т. Екатеринбург : УГМУ, 2021. Т. 1. С. 585–589.
21. Барсукова Н.К., Храмов П.И., Никитин А.А., Татарчук И.Р., Литвин Е.В. Гигиеническая оценка конструкции современных моделей детской обуви // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2018. № 3. С. 59–63.
22. Храмов П.И., Барсукова Н.К., Курганский А.М. Компьютерная постурография в гигиенических исследованиях детской обуви // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2020. № 2. С. 56–61.
23. Пономарева Е.Д., Дедюхина Г.А., Анкудинова А.В. Учебная среда как фактор риска развития нарушений осанки // *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей V Международной (75 Всероссийской) научно-практической конференции*. Екатеринбург, 4-5 апреля 2020 года. Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2020. С. 650–653.
24. De Vitta A, Noll M, Monfort-Pañego M, Miñana-Signes V, Maciel NM. Thoracic spine pain in high school adolescents: A one-year longitudinal study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(2):196. doi: 10.3390/healthcare11020196
25. Кучма В.Р., Гузик Е.О., Седова А.С. Социально-гигиенический мониторинг в сфере гигиены и охраны здоровья детей и подростков: состояние, проблемы, новая концепция развития // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101. № 6. С. 709–718. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-709-718
26. Филькина О.М., Кочерова О.Ю., Малышкина А.И., Воробьева Е.А., Долотова Н.В. Гендерные особенности информированности и отношения подростков к здоровому образу жизни // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101. № 2. С. 218–224. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-218-224
27. Вигдорчик Я.И., Алферова О.Н. Некоторые аспекты мотивирования школьников к ведению здорового образа жизни. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2023. Т. 67. № 3. С. 244–251. doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-3-244-251. EDN: rkwxnf.
28. Молдованов В.В., Кучма В.Р., Шубочкина Е.И. Методические подходы к преобразованию организации первичной медико-санитарной помощи несовершеннолетним в образовательных организациях: алгоритмы деятельности врача по гигиене детей и подростков // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 5 (314). С. 10–13. doi: 10.35627/2219-5238/2019-314-5-10-13

## REFERENCES

1. Baranov AA, Albitskiy VYu, Namazova-Baranova LS, Terletskaya RN. [*Children's Health in Contemporary Russia*.] Moscow: Pediatr Publ.; 2020. (In Russ.)
2. Kuchma VR, Sokolova SB, Rapoport IK, Chubarovskiy VV. The influence of behavioural risk factors on outcomes of students' health. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1206–1213. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1206-1213
3. Kuchma VR, Rapoport IK, Sukhareva LM, et al. The health of children and adolescents in school ontogenesis as a basis for improving the system of school health care and sanitary-epidemiological wellbeing of students. *Zdravo-okhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(4):325–333. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333
4. Khramtsov PI, Berezina NO. Health status of primary school children studying in dynamic postures. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(4(325)):18–23. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-18-23
5. Razvarina IN, Gruzdeva MA. School-age children's health: Risk factors. *Society and Security Insights*. 2019;(4):115–120. (In Russ.) doi: 10.14258/ssi(2019)4-10
6. Atia DT, Elsayed NI, Abdelmonem AF, et al. Prevalence of musculoskeletal disorders among general and technical secondary school students in Egypt. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(2):1465. doi: 10.3390/ijerph20021465
7. Ben Ayed H, Yaich S, Trigui M, et al. Prevalence, risk factors and outcomes of neck, shoulders and low-back pain in secondary-school children. *J Res Health Sci*. 2019;19(1):e00440.
8. Kireeva EV. Formation of general ideas and health-saving skills among students in a secondary school. *Kalinin-gradskiy Vestnik Obrazovaniya*. 2022;(1(13)):33–39. (In Russ.) Accessed July 12, 2023. <https://koirojournal.ru/realises/g2022/01apr2022/kvo105/>
9. Zaitseva NV, Ustinova OYu, Luzheckiy KP, et al. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health Risk Analysis*. 2017;(1):61–79. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08.eng
10. Kovaleva IP, Zayarnaya IA, Borodina EV. The medical social aspects of optimization of spine load in students of high educational schools. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-54-62>  
Original Research Article

- 2019;27(6):1032–1037. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-6-1032-1037
11. Languev KA. Main hygienic problems of the educational process organization in a modern school. *Universum: Meditsina i Farmakologiya*. 2022;4(87). (In Russ.) doi: 10.32743/UniMed.2022.87.4.13372
  12. Bogomolova ES, Kotova NV, Maksimenko EO, Olyushina EA, Languev KA, Kokurina EV. Hygienic assessment of distance learning in schools and gymnasiums of Nizhny Novgorod. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(6):32–39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39
  13. Berezina NO, Stepanova MI. The impact of digital education tools on the well-being of secondary school students. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(8(329)):20–25. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-329-8-20-25
  14. Khramtsov PI. Conceptual and methodological bases of diagnostics and prevention of disorders and diseases of the musculoskeletal system in children in educational institutions. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2019;(1):49–57. (In Russ.)
  15. Maklakova OA, Vandyshcheva AYU, Shtina IE, Valina SL. Development of postural disorders in schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(6):655–661. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-655-661
  16. Mansurova GSh, Maltsev SV, Ryabchikov IV. Features of formation of the musculoskeletal system in schoolchildren: Diseases, causes and possible ways of correction. *Prakticheskaya Meditsina*. 2019;17(5):51–55. (In Russ.) doi: 10.32000/2072-1757-2019-5-51-55
  17. Sarhosh OD, Chetverykova OP, Katrushov AV. Hygienic normalization of school furniture as a component of paradigms of prevention of breach of a child. *Zdorov'e Cheloveka, Teoriya i Metodika Fizicheskoy Kul'tury i Sporta*. 2019;(2(13)):91–96. (In Russ.)
  18. Khramtsov PI. The effectiveness of the prevention and correction of violations of the functional state of the musculoskeletal system from junior schoolchildren in physical education. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(8(293)):44–45. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-293-8-44-45
  19. Khramtsov PI, Sedova AS, Berezina NO. The state of the feet in younger schoolchildren in the conditions of an innovative form of education. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(2):225–230. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-225-230
  20. Komina YV, Ankudinova AV, Nasybullina GM. Hygienic assessment of school shoes and its impact on child health. In: *Topical Issues of Contemporary Medical Science and Healthcare: Proceedings of the Sixth International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students Devoted to the Year of Science and Technologies, Yekaterinburg, April 8–9, 2021*. Yekaterinburg: Ural State Medical Univ. Publ.; 2021;1:585–589. (In Russ.)
  21. Barsukova NK, Khramtsov PI, Nikitin AA, Tatarchuk IR, Litvin IR. Hygienic assessment of the design of modern models children's shoes. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2018;(3):59–63. (In Russ.)
  22. Khramtsov PI, Barsukova NK, Kurgansky AM. Computer posturography in hygienic research of child shoes. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(2):56–62. (In Russ.)
  23. Ponomareva ED, Dedyuhina GA, Ankudinova AV. Learning environment as a risk factor for the development of posture disorders. In: *Topical Issues of Contemporary Medical Science and Healthcare: Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students Devoted to the 75<sup>th</sup> Anniversary of Victory in the Great Patriotic War, the 90<sup>th</sup> Anniversary of the Ural State Medical University, and the Centenary of Medical Education in the Urals, Yekaterinburg, April 9–10, 2020*. Yekaterinburg: Ural State Medical Univ. Publ.; 2020;1:650–653. (In Russ.)
  24. De Vitta A, Noll M, Monfort-Pañego M, Miñana-Signes V, Maciel NM. Thoracic spine pain in high school adolescents: A one-year longitudinal study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(2):196. doi: 10.3390/healthcare11020196
  25. Kuchma VR, Guzik EO, Sedova AS. Social and hygienic monitoring in the field of hygiene and health protection of children and adolescents: State, problems, new concept of development. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(6):709–718. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-709-718
  26. Filkina OM, Kocherova OYu, Malysheva AI, Vorobyeva EA, Dolotova NV. Gender features of awareness and attitudes of adolescents to a healthy lifestyle. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(2):218–224. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-218-224
  27. Vigdorichik Yal, Alfyorova ON. Some aspects of motivating schoolchildren to leading a healthy lifestyle. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2023;67(3):244–251. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-3-244-251
  28. Moldovanov VV, Kuchma VR, Shubochkina EI. Methodical approaches to the transformation of primary health care organization for minors in educational institutions: Algorithm of physician's activity on hygiene of children and adolescents. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(5(314)):10–13. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-314-5-10-13

#### Сведения об авторах:

✉ **Радченко** Ольга Рафаиловна – д.м.н., доцент; профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; главный внештатный специалист по медицинской профилактике Министерства здравоохранения Республики Татарстан; e-mail: olga.radchenko@kazangmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0616-2620>.

**Тaufеева** Елена Анатольевна – д.м.н., доцент; профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: tafeeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4161-2463>;

**Садыкова** Милляша Рамилевна – аспирант кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: milya\_vish@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2260-1189>

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Радченко О.Р., Тафеева Е.А.*; сбор данных, литературный обзор: *Радченко О.Р., Садыкова М.Р.*; анализ и интерпретация результатов, подготовка рукописи: *Радченко О.Р., Тафеева Е.А., Садыкова М.Р.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** исследование одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава России от 18 октября 2022 года (протокол № 8). От родителей всех участников было получено информированное добровольное согласие.

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки в рамках реализации приоритетного направления Программы развития ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава России «Приоритет-2030» СП-3 П-3 «Здоровьесбережение как инновационный продукт», в соответствии с договором № 1/22-5 от 14 июля 2022 г. «Разработка научно обоснованных

здоровьесберегающих мероприятий, основанных на системном подходе к гармоничному развитию и укреплению здоровья детей и подростков в условиях общеобразовательных организаций».

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

Статья получена: 16.08.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

✉ Olga R. **Radchenko**, Dr. Sci. (Med.), docent; Professor of the Department of General Hygiene, Kazan State Medical University; Chief Freelance Specialist in Preventive Medicine of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan; e-mail: olga.radchenko@kazangmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0616-2620>.

Elena A. **Tafeeva**, Dr. Sci. (Med.), docent; Professor of the Department of General Hygiene, Kazan State Medical University; e-mail: tafeeva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4161-2463>.

Milyausha R. **Sadykova**, Postgraduate student, Department of General Hygiene, Kazan State Medical University; e-mail: milya\_vish@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2260-1189>.

**Author contributions:** study conception and design: *Radchenko O.R., Tafeeva E.A.*; data collection, literature review: *Radchenko O.R., Sadykova M.R.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Radchenko O.R., Tafeeva E.A., Sadykova M.R.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Study approval was provided by the Bioethics Committee of the Kazan State Medical University (protocol No. 8 of October 18, 2022). Written informed consent was obtained from parents of all participants.

**Funding:** This research received no external funding and was conducted within implementation of the priority direction of the Development Program of the Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia “Priority–2030” SP-3 P-3 “Health maintenance as an innovative product”, in accordance with Agreement No. 1/22-5 of July 14, 2022 “Development of evidence-based health maintaining measures based on a systematic approach to harmonious development and promotion of health of children and adolescents in educational institutions.”

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

Received: August 16, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023



## Медико-социальные аспекты адаптации и профориентации детей и подростков с детским церебральным параличом в образовательных организациях (обзор литературы)

Е.И. Шубочкина

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский пр., д. 2, стр. 1, г. Москва, 111999, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Детский церебральный паралич является заболеванием с многофакторным происхождением, в большинстве случаев развивается у плода внутриутробно. Ведущим нарушением являются нарушения двигательной функции, которые сочетаются с нарушениями психического развития, речевыми нарушениями, умственной отсталостью.

**Цель исследования:** оценить возможности детей с детским церебральным параличом к адаптации в образовательных организациях разного уровня, выбору профессии и трудоустройству.

**Материал и методы.** Поиск информации осуществлялся на портале eLIBRARY.RU и портале PubMed по словам: детский церебральный паралич, дети, подростки, обучение, адаптация, профориентация. В обзор включались преимущественно статьи, опубликованные в период с 2014 по 2023 год. Всего просмотрено и оценено 496 источников, включена в обзор 41 публикация.

**Результаты.** Показано, что социализация таких детей является сложной, их нахождение в детском саду и в школе являются важными этапами. Для подготовки к школе ребенка с детским церебральным параличом нужно учитывать его стремление к ограничению социальных контактов. Инклюзивное обучение таких детей и обычных детей направлено на социализацию детей, взаимодействие с обычными сверстниками. Показана роль тьюторов для адаптации таких детей в образовательных учреждениях и готовности к этому педагогов. Нужны программы для обучения педагогов. Помогают адаптации детей, подростков и студентов с детским церебральным параличом информационно-коммуникационные технологии, используемые при обучении. Высказано мнение о большем использовании цифровых технологий и создании банка профессий для профориентации и поиска работы людям с детским церебральным параличом для трудоустройства.

**Заключение.** Показаны преимущества инклюзивного образования, которое больше способствует социализации детей и подростков и выбору профессии. Важно наличие тьюторов для адаптации детей с детским церебральным параличом в детском саду, школе, колледже и вузе и программ для подготовки педагогов.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, причины, особенности детей, обучение, профориентация, трудоустройство.

**Для цитирования:** Шубочкина Е.И. Медико-социальные аспекты адаптации и профориентации детей и подростков с детским церебральным параличом в образовательных организациях (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 63–72. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-63-72

## Medical and Social Aspects of Adaptation and Career Guidance of Children and Adolescents with Cerebral Palsy in Educational Institutions: A Literature Review

Evgenyia I. Shubochkina

National Medical Research Center for Children's Health,  
Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 111999, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** Infantile cerebral palsy is the disease caused by numerous factors and, in most cases, developing in the fetus in utero. The leading disorder in cerebral palsy is a permanent motor impairment, which is combined with impaired mental development, speech disorders, and mental retardation.

**Objective:** To assess the abilities of children with cerebral palsy to adapt in educational institutions of different levels, choose profession, and get employed.

**Material and methods:** The search for information was carried out on eLibrary.ru and PubMed using the following keywords: cerebral palsy, children, adolescents, education, adaptation, and career guidance. Of 496 sources found, 41 papers were found eligible for the review, most of them published in 2014–2023.

**Results:** It has been shown that socialization of such children is difficult; their attendance of kindergartens and schools are important stages. When preparing a child with cerebral palsy for school, it is necessary to take into account his desire to limit social contacts. Inclusive education is aimed at socializing such children, providing them the opportunity to interact with ordinary peers. The role of tutors in the adaptation of children with cerebral palsy to the kindergarten, school, college and university and the preparedness of teachers is discussed. Special training programs for teachers are required. Information and communication technology tools used in education facilitate adaptation of children, adolescents and students with cerebral palsy. It is necessary to make greater use of digital technologies and create a bank of professions for career guidance and employment of people with cerebral palsy.

**Conclusion:** The review presents the advantages of inclusive education that significantly contributes to socialization of children and adolescents and the choice of profession. It is important to have tutors for the adaptation of children with cerebral palsy in kindergarten, school, college and university, and special teacher training programs.

**Keywords:** cerebral palsy, causes, characteristic features, children, education, career guidance, employment.

**For citation:** Shubochkina EI. Medical and social aspects of adaptation and career guidance of children and adolescents with cerebral palsy in educational institutions: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):63–72. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-63-72

**Введение.** Детский церебральный паралич (ДЦП) является заболеванием с многофакторным происхождением. Описаны факторы риска развития церебрального паралича: преждевременные роды, гипоксия, низкая масса тела при рождении, материнские инфекции во время беременности и патология плаценты. Известные в настоящее время клинические факторы риска не объясняют большинства случаев ДЦП. Многие из факторов риска могут иметь генетическую составляющую. Ведущим нарушением при детском церебральном параличе является нарушение двигательных функций, связанных неправильным развитием статокинетических рефлексов, патологией тонуса, спастическими парезами. Нарушение двигательных функций при ДЦП нередко сочетается с аномалией психического развития, задержкой речевого развития. У детей с ДЦП могут быть интеллектуальные нарушения умеренной и тяжелой степени умственной отсталости. В большинстве случаев ДЦП развивается внутриутробно, до родов. Авторами показаны варианты числа копий ДНК и эпигенетические паттерны, повышающие генетическую предрасположенность к церебральному параличу [1]. Секвенирование генома и исследование экспрессии генов могут увеличить процент случаев с генетической этиологией, а клинические факторы риска могут выступать в качестве пусковых моментов ДЦП при генетической предрасположенности. Как полагают авторы, новые данные должны переориентировать исследования на поиск биомаркеров риска развития церебрального паралича. Современные генетические исследования имеют огромный потенциал для выявления диагностических и прогностических панелей биомаркеров, особенно при различных неврологических расстройствах, включая ДЦП [2]. Важно также учитывать и другие факторы. Каждая вторая мать ребенка с ДЦП имела осложненный акушерский и гинекологический анамнез, причем в 93 % случаев беременность протекала на фоне осложнений. Наиболее распространенными осложнениями беременности были отнесены: угроза прерывания беременности, анемия, гипоксия плода с нарушением плацентарного кровотока, преэклампсия разной степени выраженности. Среди осложнений в родах были стремительные роды, асфиксия новорожденных, преждевременное излитие околоплодных вод, отслойка плаценты, внутричерепная травма новорожденного. Большая часть женщин до беременности и на ранних сроках беременности подвергались влиянию никотина при активном или пассивном курении [3]. Показано, что у трети детей, родившихся с ДЦП, были нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы в виде недостаточности клапанов, снижения сократительной способности миокарда, снижение ударного объема крови и минутного объема крови, ударного индекса и сердечного индекса. Авторы также отметили, что, возможно, при ДЦП за счет гиподинамического варианта кровообращения усиливаются явления церебральной гипоксии. Были также дыхательные нарушения из-за изменений центральной регуляции, что проявлялось в нарушении частоты и глубины дыхательного акта. Такие нарушения были более

выраженными у детей с тяжелыми формами ДЦП, которые не могут самостоятельно ходить и себя обслуживать [4].

**Цель исследования:** оценить возможности детей с детским церебральным параличом к адаптации в образовательных организациях разного уровня, выбору профессии.

**Материал и методы исследования.** Поиск информации осуществлялся на портале eLIBRARY.RU и портале PubMed. Ключевые слова для поиска: детский церебральный паралич, дети, подростки, обучение, адаптация, профориентация, трудоустройство. В обзор включались преимущественно статьи, опубликованные в период с 2014 по 2023 год. При поиске публикаций учитывалась тема публикаций, отражающих причины заболевания, возможности реабилитации и различные аспекты адаптации детей с детским церебральным параличом в условиях образовательных организаций, особенности инклюзивного обучения и профориентации таких детей, возможности трудоустройства. Всего просмотрено и оценено 496 источников, включена в обзор 41 публикация. ВОЗ были разработаны основные положения Международной классификации функционирования, инвалидности и здоровья (ICF) для детей и молодежи с церебральным параличом. Двадцать шесть международных экспертов, отобранных ВОЗ и обладающих опытом, принимали участие в разработке классификации. Эти глобальные инициативы будут способствовать оптимальному функционированию таких больных. Был проведен процесс принятия решений на основе международных экспертных опросов, систематических обзоров литературы, качественных клинических исследований детей и молодежи с ДЦП и лиц, осуществляющих уход за ними. Было разработано пять базовых наборов ICF: общий базовый набор; общее краткое описание; три базовых набора для конкретных возрастов: до 6 лет, от 6 до 14 лет и от 14 до 18 лет. Они являются первыми инструментами на основе ICF, разработанными для этой группы населения. Базовые наборы ICF могут применяться в клинической практике, научных исследованиях и преподавании, что позволит давать единые подходы для функциональных оценок ДЦП во всем мире [5]. Изучение эпидемиологии церебрального паралича (ДЦП) у детей из стран с низким и средним уровнем дохода показало, что в период с января 2015 года по май 2019 года было обследовано 2664 ребенка из Бангладеш, Непала, Индонезии и Ганы. Средний возраст составлял 7 лет 8 месяцев, мальчиков было 60,6 %, девочек – 39,4 %. В целом 86,6 % детей приобрели ДЦП внутриутробно и перинатально (преждевременные роды, асфиксия при рождении, неонатальная энцефалопатия). Средний возраст на момент постановки диагноза ЦП составил 3 года. Оказалось, что 47,3 % детей никогда не получали реабилитационных услуг, 12,7 % получали вспомогательные устройства, а 75,6 % детей школьного возраста не имели доступа к образованию [6].

Одним из характерных проявлений у детей с ДЦП является задержка речевого развития (ЗРР), которая происходит на фоне гипоксически-ишемического и гипоксически-геморрагического

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-63-72>  
Review Article

поражения ЦНС в раннем неонатальном периоде. В возрастной группе от 1,5 до 2 лет с достоверным преобладанием доли детей с ДЦП, имеющих гипоксически-геморрагический генез поражения ЦНС в анамнезе (82,1 %), был зарегистрирован самый высокий процент (52,6 %) детей с ЗРР. Самой частой причиной поздней выявляемости ЗРР у детей в возрасте до 2 лет являлась поздняя оценка родителями развития речи ребенка и непонимание необходимости своевременного лечения и коррекции. Показано сочетание ЗРР с умственной отсталостью у 28,4 % детей с ДЦП того же генеза. Отсутствие УО и других психических расстройств отмечено в 21 % от всех случаев наблюдения [7].

Обучение в школе является самым этапом в жизни ребенка. В этот период повышаются требования к ребенку, к особенностям его поведения в образовательной деятельности. Проблемы готовности ребенка к обучению в школе более сложные, когда у ребенка имеются нарушения развития. При подготовке к школе ребенка с ДЦП необходимо учитывать его слабую волевую активность, быструю истощаемость, сложности с переключением внимания, повышенную впечатлительность и возбудимость, пассивность. Недостатки в речевом развитии также могут влиять на его адаптацию в школе. Психосоциальные и функциональные особенности детей с детским церебральным параличом также влияют на возможности обучения и адаптации детей к школьным занятиям. У детей с ДЦП имеют место такие нарушения личностного развития, как пониженная мотивация к деятельности, страхи, связанные с передвижением и общением, стремление к ограничению социальных контактов [8]. На детей и подростков с ДЦП наряду со школой большое влияние оказывают социальные факторы, а именно условия жизни в семье. Семья такого ребенка сталкивается с большим числом психотравмирующих воздействий. Это может быть ухудшение отношений между самыми близкими людьми, иногда уход из семьи отца, сама болезнь ребенка и подростка, уход за ним, лечение. Все это затрудняет социальную интеграцию ребенка, имеющего ограниченные возможности, в среду его здоровых сверстников. Родители должны стимулировать и поощрять его самостоятельность в пределах допустимого, стараться сформировать у ребенка адекватную самооценку. Авторы составили социальный портрет 90 детей 12–14 лет с ДЦП. Основным кругом общения таких детей была семья – 29,8 %, близкое окружение – 37,7 %, школьные друзья – 32,3 %. Воспитание детей с ограниченными возможностями (ОВЗ) должно учитывать и компенсаторные возможности ребенка и использовать при воспитательном процессе [9].

Несмотря на органические изменения ЦНС, характерные для детей с ДЦП, комплексная социально-медицинская и психолого-педагогическая реабилитация дают хорошие результаты в большинстве случаев, если они проводятся регулярно. Реабилитация проводилась на базе реабилитационного центра, причиной успеха на фоне проводимых мероприятий был большой восстановительный потенциал центральной нервной системы у детей.

Регулярно проводимые восстановительные мероприятия приносили заметный и стойкий результат [10]. Проведено ранжирование эффективных средств адаптивной физической культуры, применяющихся в коррекционном обучении детей с церебральным параличом, с использованием показателей общей моторной плотности и тонкой моторной координации. Целью работы было изучение влияния иппотерапии, плавания, фиксационного массажа с онтогенетической гимнастикой на моторную активность детей 8–10 лет с церебральным параличом в процессе адаптивного физического воспитания. Для достижения цели определяли параметры общей моторной активности и тонкой моторной координации. Изучаемые параметры исследовали с помощью компьютерной программы «Лонгитюд». Самым эффективным и перспективным средством адаптивной физической культуры у детей с ДЦП в развитии общей моторной активности и тонкой моторной координации был фиксационный массаж с онтогенетической гимнастикой. В результате применения фиксационного массажа с онтогенетической гимнастикой у детей с церебральным параличом улучшились показатели общего моторного развития в среднем на 22,5 %, а тонкой моторной координации – на 25,6 % [11]. Очень важен поиск современных средств для повышения коммуникативности и логопедических возможностей детей с ДЦП. Есть современные компьютерные технологии для повышения эффективности логопедической работы с детьми с ДЦП младшего школьного возраста. Их использование делает работу логопеда более эффективной. Для мотивации к выполнению заданий используются красочные иллюстрации, анимация. Подготовлены специализированные компьютерные программы с обратной биологической связью (БОС), способствующие расслаблению ребенка, снижению уровня тревоги и нормализации мышечного тонуса [12]. Специфические особенности нарушений познавательной деятельности при ДЦП, их неравномерный и дисгармоничный характер, степень нарушений отдельных психических функций, выраженность астенических проявлений, повышенная утомляемость, быстрая истощаемость мешают адаптации детей в дошкольной и школьной среде. Они сочетаются со сниженным запасом знаний и представлений об окружающем мире, а несформированность высших корковых функций является важным звеном в нарушении познавательной деятельности детей с ДЦП [13].

Проведено сравнительное изучение готовности детей с детским церебральным параличом с сохранным интеллектом к поступлению в школу. Группу сравнения составили дети такого же возраста без каких-либо нарушений опорно-двигательного аппарата. Готовность к обучению у них была выше, чем у детей с ДЦП, примерно в 3 раза. Только 10 % имели высокий уровень готовности, у 60 % – средний уровень готовности и 30 % имели низкий уровень готовности. Оценка тревожности была более высокой у детей с ДЦП, для них было характерно снижение внимания, быстрая утомляемость, настороженность, эмоциональность и депрессивность. В картине невротических расстройств у них были

повышенными страхами, связанные с выступлением перед классом, страхи насмешек над ними сверстников, нежелание с ними играть. Такие страхи обусловлены пониманием своего двигательного дефекта и его переживанием. Успеваемость у них оценивалась в основном как удовлетворительная, тогда в контрольной группе как высокая у 70 %, а среди детей с ДЦП только у 30 %. Все это требует активизации помощи по психокоррекции таких расстройств на дошкольном этапе [14].

В Федеральном законе «Об образовании в РФ»<sup>1</sup> были закреплены положения об инклюзивном обучении и воспитании детей с особыми образовательными потребностями и обычных детей. Закон обеспечил возможность детям с особыми образовательными потребностями, в том числе и детям с ДЦП, посещать массовые образовательные учреждения, быть вместе с нормально развивающимися сверстниками и взаимодействовать с ними. Это решение направлено на помощь детям с ДЦП достичь определенных успехов, смягчить или даже нивелировать некоторые особенности его развития. Комплексный подход к психологической и физической реабилитации детей с ДЦП можно рассматривать как наиболее успешный и реализуемый на практике метод. Были даны методические рекомендации по реабилитации детей-инвалидов для психологов, педагогов, медицинских работников и родителей на основе собственного опыта, реализуемого на базе центра оказания социальных услуг [15]. Другие авторы, работающие в клиниках специалисты, считают, что основными принципами реабилитации детей с ДЦП следует признать раннее начало проведения реабилитационных мероприятий, их непрерывность, комплексность, индивидуализацию программы реабилитации ребенка, социальную направленность и использование методов контроля эффективности проводимых мероприятий. В клинической практике осуществляется комплексный подход к лечению данной патологии, который включает медикаментозное лечение, использование методов физической реабилитации (лечебная физкультура, массаж, механотерапия, физиотерапия), ортезотерапию, психолого-педагогическую и логопедическую коррекцию, психотерапию, трудотерапию с элементами профориентации [16]. При раннем вмешательстве есть возможность улучшения познавательных процессов у дошкольников. Установлено, что после реализации программы снизилось количество детей с низким уровнем развития познавательных процессов (на 18,3 %), выросло число со средним уровнем развития (на 18,2 %). Показана эффективность коррекционно-развивающих программ, так как у большинства дошкольников с ДЦП улучшались показатели развития познавательных процессов [17]. Показана продуктивность комплексного подхода к реабилитации детей с ДЦП, который включал психолого-педагогическую реабилитацию по развитию высших психических функций, стимуляцию сенсорных функций (зрение, осязание, слух), расширение знаний и представлений об окружающем мире, развитие

различных видов детской деятельности, развитие коммуникативной компетентности, гармонизацию эмоционального состояния ребенка, профилактику личностных нарушений. Важное место в реабилитации детей с ДЦП занимает так называемая кондуктивная педагогика, включающая единство логопедических, психолого-педагогических и социальных воздействий и направленная на оптимизацию подготовки ребенка к самостоятельной жизни. Она состоит в том, что в процессе специально подобранных подвижных, познавательных, социальных, интеллектуальных, творческих и лечебных игр дети приобретают необходимые двигательные возможности и навыки самообслуживания [18].

В современном обществе постоянно ведется активная работа по социализации детей с различными отклонениями. Социальная адаптация детей с ДЦП остается одной из наиболее актуальных проблем в связи с распространенностью таких детей-инвалидов. Мешает решению этой проблемы отсутствие комплексного подхода, единых стандартов в подготовке кадров, совместных действий различных социальных институтов. Социальная адаптация детей-инвалидов в дошкольном и школьном образовании определяется как педагогическая проблема. Разработка различных методик и программ адаптации таких детей – основная задача коррекционной педагогики. Показаны основные направления и программы, реализуемые в условиях специального дошкольного образовательного учреждения коррекционного профиля. Они направлены на преодоление трудностей в адаптации таких детей с использованием основных методик и индивидуальных программ реабилитации и социализации ребенка [19].

Важной является физическая активность детей и подростков с ОВЗ. Врачи должны оценить готовность как родителей, так и молодых людей с ДЦП к физической активности. Отсутствие готовности может стать препятствием для физической активности. Нужно повышать осведомленность о преимуществах активного образа жизни, которые могут влиять на здоровье. Специалисты по реабилитации, стремящиеся расширить участие молодых людей с ограниченными физическими возможностями в физической активности, должны обсудить их готовность заниматься спортом. Для подростков и их родителей требуются изменения поведения в этом направлении. Специалисты должны осознавать, что подростки могут быть больше готовы к активному образу жизни по мере того, как они приобретают большую самостоятельность [20]. Но есть сложности для организации физической активности таких детей и подростков. Это малое число поставщиков таких услуг лицам с ДЦП, необходимость поддержки и одобрения со стороны родителей, транспорта и доступность объектов. Требуется изменение политики для содействия участию детей с ОВЗ в физической активности, устранение барьеров [21]. Для изучения возможностей участия в физической активности детей

<sup>1</sup> Федеральный закон «Об образовании в РФ» № 273-ФЗ от 29.12.12 [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.zakonrf.info/zakon-ob-obrazovanii-v-rf/?ysclid=lp1jq6fvl25948583>

с ограниченными возможностями, проживающих в сельской местности, было проведено исследование этой проблемы в Австралии. Установлено, что такие возможности очень снижены в связи со сложным доступом, ограниченными возможностями и изоляцией. При этом есть желание родителей и самого ребенка, которые надо поддерживать. Делается вывод о необходимости укреплять существующие структуры, направленные на поощрение физической активности, сделать их более подходящими для инклюзии детей с ОВЗ и важности доступных стратегий [22]. Была проведена сравнительная оценка методик, используемых в центрах реабилитации, по их эффективности для улучшения состояния нарушенных функций детей с ДЦП. Опыт работы реабилитационных центров показал, что приоритет принадлежит кинезитерапии – 30 %, лечебной физкультуре и гидрокинезитерапии – по 20 %, массажу и физиотерапии – по 10 %. Показана эффективность комплексного подхода для больных детей с ДЦП при использовании средств адаптивной физической культуры [23].

Изучалось качество жизни по анкете PedsQL подростков с ДЦП и семейные отношения. Подростки характеризовались более высоким качеством жизни по сравнению с другими возрастными группами. Самые низкие показатели качества жизни наблюдались в области ежедневных и школьных занятий и в области физического функционирования. Качество жизни детей с церебральным параличом снижено по сравнению с качеством жизни здоровых детей, на их состояние оказывает значительное влияние функционирование семьи. А на функционирование семьи влияют возраст детей, место жительства и уровень образования родителей. Изучение факторов, влияющих на качество жизни, позволит медицинским работникам надлежащим образом планировать действия, направленные на снижение влияния ДЦП на качество жизни детей и улучшение функционирования их семей [24]. С целью выявления готовности детей к школьному обучению детей 6–7 лет с ДЦП было проведено исследование на базе социального центра для таких детей. Результаты показали, что 21 % детей имеют высокую психологическую готовность к школе. Они готовы выполнять задания и следовать инструкциям педагогов, имеют достаточно развитые интеллектуальную, эмоциональную и социальную сферы. Большинство в 64 % имеет среднюю психологическую готовность. У них есть трудности с удержанием внимания, недостаточность мотивации к обучению, они торопливы или медлительны. У них средняя обучаемость и высокая утомляемость. Низкую психологическую готовность имели 15 % детей. У этих детей преобладает игровой мотив, отсутствует контроль своего поведения и эмоций, они не могут долго концентрироваться на задании и его выполнять. Можно заключить, что психологическая готовность детей с ДЦП характеризуется нарушением в различной степени всех ее аспектов [25]. Различают большое разнообразие проявлений нарушений у детей с ДЦП, но наиболее часто встречающимися являются двигательные нарушения, сопровождаемые психоречевыми, эмоциональными, познавательными,

пространственными и сенсорными нарушениями. Существенную проблему при подготовке такого ребенка к школе автор видит в нарушении эмоционального компонента, который в совокупности с другими способствует снижению адаптационного потенциала ребенка в социуме и снижает показатели его развития в целом. Комплексный подход в организации реабилитации и грамотном психолого-педагогическом сопровождении нарушений в развитии большинства сфер поддается частичной коррекции и компенсируется. Особую значимость приобретает уровень компетентности специалистов службы психолого-педагогического сопровождения ребенка с ДЦП. Тьютор должен сопровождать ребенка с ДЦП в течение всего дня, помогать создавать благоприятную атмосферу при взаимодействии детей, создавать условия для его эффективной социализации, иметь контакты с семьей. В данное время остро стоит проблема кадровой обеспеченности дошкольных учреждений, в том числе тьюторов, организующих сопровождение ребенка, выявляющих возможности ребенка, круг его интересов и ресурсы, самые эффективные технологии социализации [26]. Оценивалось обучение детей младшего возраста с ДЦП в специальной коррекционной школе. Было установлено, что 72 % детей имели средний и низкий уровень адаптации, который преобладал у мальчиков по сравнению с девочками. Высокий уровень адаптации чаще был тоже у мальчиков. Клиническое обследование показало, что у детей преобладал синдром гиперактивности, у девочек он был соответственно чаще: в 63,3 и 51,2 %. Степень нарушения речи зависела от степени поражения ЦНС, а также от возрастнo-половых особенностей. Качество жизни по опроснику PedsQL было сниженным, по шкалам «физическое функционирование», «эмоциональное функционирование», «жизнь в школе» не превышало 50 баллов, только по шкале «социальное функционирование» показатель превысил 70 баллов. Сделан вывод, что детям необходима комплексная реабилитация, включающая медицинскую, психолого-педагогическую и логопедическую помощь [27].

Считалось, что дети с особыми потребностями и аномалиями развития должны обучаться в специальных коррекционных заведениях. Однако на современном этапе развития все большее распространение приобретает инклюзивное обучение, совместное обучение всех детей. Создав благоприятные условия для развития особого ребенка, можно помочь ему достичь определенных успехов, нивелировать некоторые нарушения в развитии, адаптировать к социальной среде сверстников, что очень важно для общего развития. Однако это не всегда бывает успешным. Накоплено мало данных и опыта работы с детьми в инклюзивных классах. Требуется сопровождение тьютора, который будет находиться рядом с ребенком на протяжении всего учебного дня. Должны создаваться адаптированные программы для особых детей, сокращаться продолжительность урока и т. п. [28]. Другие авторы оценивают необходимость понимания психологических особенностей детей с ДЦП при обучении их в обычных классах. Эти дети могут иметь сохранный

интеллект и передвигаться самостоятельно. Но их психологические особенности могут способствовать их школьной дезадаптации. При сохранном интеллекте у большинства таких детей наблюдается незрелость эмоционально-волевой сферы в виде высокой чувствительности и эмоциональной возбудимости. Это часто сопровождается повышенной чувствительностью к повседневным раздражителям, неустойчивостью настроения, им трудно планировать деятельность на продолжительное время, часто есть проблемы в самооценке, есть страхи из-за негативного или недоброжелательного отношения к ним [29]. У лиц с церебральным параличом психологические проблемы влияют на их участие в жизни общества. Мало что известно о сохранении поведенческих и социальных проблем во взрослом возрасте. В двухцентровом перекрестном исследовании лиц, осуществляющих уход за 121 взрослым и 88 детьми, попросили оценить поведение пациентов с помощью форм родительского/опекунского контроля поведения ребенка (CBCL), опросника сильных сторон и трудностей (SDQ) и шкалы адаптивного поведения Вайнленда II (VABS). Были возвращены анкеты от 43 взрослых и 39 детей. В обеих группах обнаружили одинаковую частоту отклонений в проблемах с вниманием (32,4 против 36,1 %;  $p = 0,826$ ) и проблемах социального взаимодействия (32,3 против 33,3 %;  $p = 0,926$ ) в CBCL, о проблемах со сверстниками (38,9 против 75,7 %;  $p = 0,115$ ) в SDQ. Дети демонстрируют более низкий процент аномального просоциального поведения (41,7 против 16,2 %,  $p = 0,016$ ) и более низкие показатели аномального общения (88,2 против 61,5;  $p = 0,01$ ) и навыков повседневной жизни (90,0 против 71,8;  $p = 0,041$ ), тогда как уровень аномалий в обеих группах по этим параметрам показателей VABS заметно высок. Сохранение психологических и социальных проблем с детства до зрелого возраста подчеркивает важность сосредоточения внимания на раннем вмешательстве [30].

Дети с ДЦП являются особой категорией, испытывающей трудности при обучении. Смягчить трудности могут специальные приспособления рабочего места педагога на компьютере и у ребенка. Это специальная клавиатура, альтернативные методы управления компьютером, удобные джойстики, специальная мышь. Массовая школа может предложить ребенку с сохранным интеллектом адекватные условия дистанционного обучения. При построении педагогического процесса педагогу нужно, кроме общепринятых принципов, использовать специальные, такие как поддержание взаимосвязи, принцип контроля и самоконтроля, принцип опоры на сохранные анализаторы, принцип моделирования окружающих явлений, принцип поддержания интереса к процессу обучения. Опытный педагог старается сделать процесс обучения не только доступным, но и интересным для такого ребенка. Концепция развития образования направлена на доступность образования для всех. Дистанционное образование обеспечивает эту доступность и для детей с ДЦП, а педагогические услуги становятся доступными онлайн. Обеспечивается вариант интеграции детей с ОВЗ и возможность получить

образование «как все». Данный вид обучения дает, кроме того, возможность ребенку работать в своем темпе. Подготовленные педагоги используют возможности Дистанционного центра образования детей с ОВЗ и психологические особенности таких детей. Имеется позитивный опыт обучения детей с различными видами нарушений на дому [31]. Вместе тем инклюзия способствует социализации детей. В ней есть свои проблемы. У детей с ДЦП отмечаются сниженные способности проявления эмпатии, сочувствия, что обусловлено органическим повреждением мозга и влияет на их поведение. Пилотное исследование младших школьников, обучающихся в условиях инклюзии, показало, что дети с ДЦП испытывают трудности при идентификации сложных эмоций других людей, им трудно осознавать свое состояние и проявлять эмпатию к другим [32]. Основные проблемы инклюзии заключаются в развитии модели образования, приспособленного к различным потребностям разных категорий детей, в обеспечении доступной безбарьерной среды, равноценного отношения к каждому ребенку за счет создания условий для обучения детей с особыми образовательными потребностями. Рассматриваются ошибки в воспитании таких детей – стремление к их изоляции, ограждению. Исключительную важность имеет детский коллектив для детей с ОВЗ. Успешность инклюзивного образования зависит от того, как субъекты образовательного процесса относятся к внедрению совместного обучения. Автор выделяет проблемные факторы, препятствующие реализации системы инклюзивного образования. Это необходимость разработки специальных программ и методик совместного обучения, трудности организации «безбарьерной среды», недостаточная готовность педагогов к инклюзивному обучению, неготовность родителей здоровых детей, усложнение труда педагогов, дополнительная психологическая и физическая нагрузка, недостаток финансирования для включения тьюторов в процесс обучения детей с ДЦП [33]. Помогают адаптации детей с ОВЗ информационно-коммуникационные технологии, используемые при обучении. Они усиливают образовательные эффекты, повышают качество усвоения материала, позволяют построить индивидуальную образовательную траекторию, осуществить дифференцированный подход к учащимся с разными возможностями. Создаваемая компьютером виртуальная среда позволяет совершать воображаемые «путешествия» в пространстве. При этом активизируются компенсаторные механизмы, способствуя расширению коммуникативных способностей детей с ДЦП [34]. Для людей, живущих с церебральным параличом, крайне важно определять и контролировать качество их жизни, поскольку это косвенно может предсказать удовлетворение их потребностей и желаний и помогает субъективно оценить состояние их здоровья. Большинство исследований качества жизни сосредоточены на детях, а не на подростках или взрослых. В исследовании приняли участие 60 подростков вместе со своими родителями. Подростки с ДЦП проходят кондуктивное обучение. Кондуктивное образование пытается постепенно формировать личность детей с нарушениями

в соответствии с их возрастом. Использовался опросник качества жизни CP QoL-Teen для подростков, живущих с церебральным параличом. В обследованной авторами популяции нет существенной разницы между ответами родителей и подростков. Наибольшее согласие было обнаружено в разделе «Социальное благополучие» ( $p = 0,982$ ). Это исследование подчеркивает важность социальных отношений в достижении лучшего качества жизни подростков, живущих с церебральным параличом. Это также указывает на высокую адаптивность отношений между родителями и их детьми-подростками, что очень важно [35].

Были изучены особенности личностных стремлений молодых людей, обучающихся в педагогическом университете, и выпускников специальной коррекционной школы в возрасте 20–25 лет, имеющих сохраненный интеллект. Сравнительные данные показали, что стремления в обеих группах достаточно близки, но имеют разную выраженность. Студенты чаще выражают желание к контролю ситуаций, успехам, публичному вниманию, контролю над другими людьми. Молодые люди с ДЦП, особенно девушки, к этому не стремятся. Для них главное – это признание других людей, самоутверждение, создание семьи, признание их в обществе [36]. Особенно важной является эффективная профориентация лиц с ОВЗ, испытывающих затруднения в процессе профессионального самоопределения. Выявление предпочтений обучающихся с ДЦП и их профессиональных возможностей позволяет выбрать соответствующие учебные заведения. Первым этапом в профессиональной ориентации является психолого-педагогическая диагностика, уточняющая наличие профессионально важных качеств и профессиональный отбор. Необходимы службы профессиональной поддержки инвалидов. Главной задачей таких служб будет составление банка профессий, в которых возможно предоставление лицам с детским церебральным параличом исчерпывающей информации о технических, социальных и других характеристиках профессий. При контактах с работодателями нужно указывать на высокую заинтересованность многих инвалидов в трудоустройстве в целом ряде профессий, не являющихся престижными для других групп населения [37]. С помощью онлайн-анкет была оценена готовность педагогов вузов к сопровождению профориентации и трудоустройства студентов-инвалидов, в том числе с двигательными расстройствами. Было показано, что у большинства из 577 человек имеется положительный опыт работы с такими студентами и они проходили курсы повышения квалификации по инклюзивному обучению. Вместе с тем решать вопросы методической готовности к сопровождению всех этапов профессионального становления (от ранней профориентации до трудоустройства) они не готовы. Делается вывод о целесообразности и своевременности разработки цифровых инструментов и сервисов непрерывной и преемственной линии профессионализации инвалидов и лиц с ОВЗ [38]. Эти же авторы провели опрос 3617 респондентов, в числе которых были студенты, выпускники вузов и абитуриенты с ОВЗ. Было показано, что запросы

на цифровое сопровождение касались помощи в анализе вакантных рабочих мест, информации о вакансиях для трудоустройства инвалидов, работе в удаленном режиме, помощи специалистов образовательных организаций, помощи в собеседовании с работодателем, в освоении технологий трудоустройства. Нужна информация о ярмарках вакансий и профориентационных мероприятиях, информирование родителей и педагогов для оказания помощи в профориентации школьников и студентов-инвалидов. Авторы делают выводы, что в настоящее время происходит изменение рынка труда, формируется запрос на поиск новых технологий, а именно цифровых технологий, содействие трудоустройству особых категорий лиц трудоспособного возраста [39]. В настоящее время отмечается широкое распространение инклюзии на всех этапах образования. Эта тенденция обуславливает потребность в изучении технологий сопровождения лиц с ограниченными возможностями, получающими образование от школы до вуза. Показателем успешности обучающихся с ОВЗ будет число трудоустроенных. Авторы указывают, что согласно Федеральному реестру в РФ на 1 декабря 2021 года число инвалидов составило 11,76 миллиона человек, трудоустроенных – 906 тысяч, в том числе в возрасте от 18 до 30 лет – более половины. Авторы приходят к выводу, что одним из этапов воспитания и обучения лиц с ОВЗ должен быть этап сопровождения на всех периодах обучения и трудоустройства. Особенности сопровождения в зависимости от характера заболевания могут отличаться. Для лиц с двигательными расстройствами, обучающихся в медицинском университете, это не только тьюторское сопровождение, но также могут быть и технические средства передвижения. Используются технологии профориентации обучающегося в конце обучения и выбора профессиональной специализации с учетом его заболевания и профиля высшего образования [40]. Другие авторы рассматривают систему профессиональной ориентации обучающихся с ОВЗ и инвалидов как управляемую систему. Организационная структура системы профориентации должна обеспечить координацию действий всех ее участников: ребенка с ОВЗ и его семью, педагогических работников школы, ответственных за работу по профориентации, педагогических работников образовательных организаций среднего и высшего профессионального образования, заинтересованных в наборе на обучение, а также работодателей и чиновников разного уровня, ответственных за эту работу. На федеральном уровне разрабатывается государственная политика и нормативно-правовое регулирование в области профориентации детей инвалидов и лиц с ОВЗ, механизм межведомственного взаимодействия федеральных, региональных и муниципальных органов в сфере образования, органов службы занятости для организации содействия трудоустройству [41].

**Обсуждение.** Результаты показали, что детский церебральный паралич в структуре детской инвалидности занимает по разным оценкам от 30 до 70 %, является сложным заболеванием, которое имеет многофакторное происхождение. Ведущим

нарушением при ДЦП является нарушение двигательной функции, связанной с задержкой развития статокинетических рефлексов, патологией тонуса, парезами. При этом наряду с двигательными нарушениями могут иметь место аномалии психического развития, задержка формирования познавательных функций и практических навыков, задержка речевого развития. С ДЦП могут сочетаться интеллектуальные нарушения – умственная отсталость разной степени выраженности. Представлены методики, используемые для реабилитации детей с ДЦП, которая снижает выраженность дефектов. Социализация таких детей также является необходимой задачей, и нахождение такого ребенка в детском саду и обучение в школе являются важными этапами в их жизни. Показаны преимущества инклюзивного обучения детей с ДЦП и обычных детей, которое в большей степени способствует социализации детей таких детей, налаживанию отношений и взаимодействию со сверстниками. Показаны возможности обучения подростков с ДЦП с сохраненным интеллектом в колледжах и вузах. Отмечено, что нужны специальные программы для подготовки педагогов к работе с детьми с ОВЗ и обеспечение тьюторами детских садов, школ, колледжей и вузов для работы по программам инклюзивного обучения.

**Заключение.** Инклюзивное образование имеет большой потенциал, реализация которого позволит улучшить адаптационные возможности детей с ОВЗ, выбор профессии и последующее трудоустройство. Помогают адаптации детей, подростков и студентов с ОВЗ информационно-коммуникационные технологии. Показано, что необходимо больше использовать цифровые технологии для создания банка профессий для профориентации и поиска работы людям с ограниченными возможностями для трудоустройства, которое не всегда бывает успешным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камилова Т.А., Голота А.С., Вологжанин Д.А., Шнейдер О.В., Щербак С.Г. Биомаркеры детского церебрального паралича // *Физическая и реабилитационная медицина*. 2021. № 3. С. 301–317. doi: <https://doi.org/10.36425/rehab79386>
2. Лисовский Е.В., Кусаинова К.К., Шакинов М.Ж., Лисовская Н.Ю. Иммунологические механизмы в этиопатогенезе детского церебрального паралича // *Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2016. № 1 (39). С. 6–11.
3. Ткаченко Е.С., Голева О.П., Щербачев Д.В., Коржов И.С. Медико-социальные аспекты детского церебрального паралича // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2016. №1 (47). С. 1–8. doi: [10.21045/2071-5021-2016-47-1-8](https://doi.org/10.21045/2071-5021-2016-47-1-8)
4. Нуржанова З.М., Башкина О.А., Сомтруева М.А. Коморбидная патология при детском церебральном параличе и особенности реабилитационного процесса // *Астраханский медицинский журнал*. 2019. Т. 14. № 1. С. 27–38. doi: [10.17021/2019.14.1.27.38](https://doi.org/10.17021/2019.14.1.27.38)
5. Schiariti V, Selb M, Cieza A, O'Donnell M. International Classification of Functioning, Disability and Health Core Sets for children and youth with cerebral palsy: A consensus meeting. *Dev Med Child Neurol*. 2015;57(2):149-158. doi: [10.1111/dmcn.12551](https://doi.org/10.1111/dmcn.12551)
6. Jahan I, Muhi M, Hardianto D, et al. Epidemiology of cerebral palsy in low- and middle-income countries: Preliminary findings from an international multi-centre cerebral palsy register. *Dev Med Child Neurol*. 2021;63(11):1327-1336. doi: [10.1111/dmcn.14926](https://doi.org/10.1111/dmcn.14926)
7. Дочкина Е.С., Таранушенко Т.Е., Кустова Т.В. Речевое и умственное развитие у детей с церебральным параличом // *ЭНИ Забайкальский медицинский вестник*. 2020. № 2. С. 18–24.
8. Шевырева Е.Г., Запорожец А.В. Клинико-психологические особенности детей с церебральным параличом // *Современный ученый*. 2016. № 4. С. 30–32.
9. Тимофеева И.В. Воздействие социальной среды на ребенка с детским церебральным параличом как условие формирования «собственной среды развития» // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. 2015. № 177. С. 54–61.
10. Галич Л.Г. Успешный результат реабилитации детей с детским церебральным параличом – реальность настоящего времени // *Здравоохранение Дальнего Востока*. 2017. № 3(73). С. 24–27.
11. Бруйков Ю.А., Бруйков А.А. Применение перспективных средств адаптивной физической культуры у детей с церебральным параличом в процессе коррекционного обучения // *Медицина и физическая культура: наука и практика*. 2020. Т. 2. № 3 (7). С. 81–86.
12. Дзюбенко В.А. Обзор современных компьютерных технологий для повышения эффективности логопедической работы с детьми, страдающими детским церебральным параличом // *Научно-практический электронный журнал Аллея науки*. 2019. Т. 2. № 12 (39). С. 800–802.
13. Бодимер А.А. Особенности развития психических функций детей с церебральным параличом // «Научно-практический электронный журнал Аллея науки». 2022. Т. 1. № 1 (64). С. 395–397.
14. Колчина, А.Г. Особенности формирования готовности к обучению и адаптации к школе детей с церебральным параличом // *Специальная педагогика и психология: традиции и инновации* : Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов с международным участием, Москва, 25–26 марта 2019 года. Москва: Московский педагогический государственный университет, 2019. С. 50–55. EDN DEFENB.
15. Борисов А.Е. Актуальные вопросы комплексной реабилитации при детском церебральном параличе // *Вестник государственного социально-гуманитарного университета*. 2018. № 3 (31). С. 3–45.
16. Никонов Н.Б., Никонова Л.А., Никонова Ф.Н., Хамадьянова А.У. Основные направления терапии при детском церебральном параличе и спастической диплегии // *Международный журнал медицины и психологии*. 2020. Т. 3. № 2. С. 149–158.
17. Золоткова Е.В., Захарова Е.И. Психолого-педагогические аспекты развития дошкольников, имеющих детский церебральный паралич // *Учебный эксперимент в образовании*. 2021. № 4. С. 24–28. doi: [10.51609/2079-875X\\_2021\\_4\\_24](https://doi.org/10.51609/2079-875X_2021_4_24)
18. Стельмах Ю.Б. Обзор современных методов реабилитации детей с детским церебральным параличом // *Евразийское научное объединение*. 2020. № 10-7 (68). С. 551–553. doi: [10.5281/zenodo.4268753](https://doi.org/10.5281/zenodo.4268753)
19. Асланова С.Р. Социальная адаптация при детском церебральном параличе // *Преподаватель XXI век*. 2016. № 3-1. С. 191–197.
20. Wright A, Roberts R, Bowman G, Crettenden A. Barriers and facilitators to physical activity participation for children with physical disability: Comparing and contrasting the views of children, young people, and their clinicians. *Disabil Rehabil*. 2019;41(13):1499-1507. doi: [10.1080/09638288.2018.1432702](https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1432702)
21. Shields N, Synnot AJ. An exploratory study of how sports and recreation industry personnel perceive the barriers and facilitators of physical activity in children with disability. *Disabil Rehabil*. 2014;36(24):2080-2084. doi: [10.3109/09638288.2014.892637](https://doi.org/10.3109/09638288.2014.892637)
22. Robinson T, Wakely L, Marquez J, Rae K. Surviving, not thriving: a qualitative analysis of parents' perceptions of physical activity participation for rurally residing children with a disability. *Rural Remote Health*. 2018;18(3):4536. doi: [10.22605/RRH4536](https://doi.org/10.22605/RRH4536)
23. Марочкина Н.В., Орлова И.А. Адаптивная физическая культура в реабилитации детей с диагнозом детский церебральный паралич // *The Unity of Science*. 2019. № 1. С. 115–118.
24. Kołtuniuk A, Rozensztrauch A, Budzińska P, Rosińczuk J. The quality of life of Polish children with cerebral palsy and

- the impact of the disease on the family functioning. *J Pediatr Nurs*. 2019;47:e75–e82. doi: 10.1016/j.pedn.2019.05.011
25. Пустовалова Ю.А. Особенности психологической готовности к школьному обучению детей с детским церебральным параличом // Лучшая студенческая статья 2020: сборник статей XXVII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 25 февраля 2020 года. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. С. 236–239. EDN QJKGDХ.
  26. Говорова Н.В. Тьюторское сопровождение ребенка с детским церебральным параличом при подготовке к школе // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в вузе и школе. 2022. № 36. С. 119–123.
  27. Пономарева О.П., Сулова Г.А. Оценка адаптации детей младшего школьного возраста с детским церебральным параличом к занятиям в коррекционной школе // Педиатр. 2018. Т. 9. № 2. С. 55–66. doi: <https://doi.org/10.17816/PED9255-66>
  28. Сырвачева Л.А., Зазулина В.В. Включение детей с детским церебральным параличом в классы инклюзивной направленности // The Newman In Foreign Policy. 2017. № 37 (81). С. 60–62.
  29. Сема А.В. Психологические особенности обучающихся с детским церебральным параличом, способствующие школьной дезадаптации // Проблемы педагогики. 2016. № 12 (23). С. 14–16.
  30. Weber P, Bolli P, Heimgartner N, Merlo P, Zehnder T, Kätterer C. Behavioral and emotional problems in children and adults with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2016;20(2):270–274. doi: 10.1016/j.ejpn.2015.12.003
  31. Гуцин А.И., Яриков А.Г. Возможности дистанционного обучения в работе с детьми с детским церебральным параличом // Электронный научный журнал. 2017. № 4-2 (19). С. 54–58.
  32. Ибрагимова Ю.В., Артищева Л.В. Значимость эмпатийных особенностей школьников с нарушениями опорно-двигательного аппарата в условиях инклюзивного образования // Социально-педагогическая поддержка лиц с ограниченными возможностями здоровья: теория и практика : Сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции, Ялта, 20–22 мая 2021 года. Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2021. С. 84–87. EDN КМХРYY.
  33. Колчина А.Г. Проблемы интеграции детей с церебральным параличом в общеобразовательную школу // Инклюзия в образовании. 2017. № 1 (5). С. 140–145.
  34. Киселева М.М., Евдокимова В.В., Медведева Е.Н. Использование информационно – коммуникационных технологий в образовании лиц с детским церебральным параличом // Вестник Курганского государственного университета. 2018. № 3 (50). С. 19–21.
  35. Mladoneczki-Leszko D, Kelemen A. The quality of life of teenagers living with cerebral palsy participating in conductive education. *Orv Hetil*. 2023;164(24):948–953. (In Hungar.) doi: 10.1556/650.2023.32775
  36. Павлова О.С. Исследование личностных стремлений молодых людей с детским церебральным параличом. Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 78-3. С. 288–291. EDN YKISMW.
  37. Сеферова Т.М. Спирина А.В. Профессиональная ориентация учащихся с детским церебральным параличом // Северный регион: наука, образование, культура. 2018. № 2 (38). С. 64–67.
  38. Денисова О.А., Леханова О.Л., Поникарова В.Н. Оценка готовности педагогов к сопровождению профориентации, образования и трудоустройства инвалидов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2020. № 3. С. 193–202. doi: 10.23859/1994-0637-2020-3-96-19
  39. Денисова О.А., Леханова О.Л. К проблеме цифрового сопровождения профориентации, образования и трудоустройства инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья // Известия Российского государственного университета им. А.И. Герцена. 2020. № 195. С. 96–102. doi: 10.33910/1992-6464-2020-195-96-102
  40. Шульгина Т.А., Литнарвич Н.Е. Технология социального сопровождения профориентации и трудоустройства выпускников с ОВЗ медицинского университета // Коллекция гуманитарных исследований. 2022. № 3 (32). С. 57–65. doi: 10.21626/j-chr/2022-3(32)/7
  41. Герасимов А.В., Литвиненко И.Л. Управленческое сопровождение (дорожная карта) профориентации и трудоустройства обучающихся с ОВЗ и инвалидов // Человек. Общество. Инклюзия. 2017. № 2 (30). С. 77–91.

## REFERENCES

1. Kamilova TA, Golota AS, Vologzhanin DA, Schneider OV, Scherbak SG. Cerebral palsy biomarkers. *Fizicheskaya i Reabilitatsionnaya Meditsina. Meditsinskaya Reabilitatsiya*. 2021;3(3):301–317. (In Russ.) doi: 10.36425/rehab79386
2. Lisovsky Y, Kussainova K, Shakenov M, Lisovskaya N. Immunological mechanisms in the pathogenesis of cerebral palsy. *Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2016;(1(39)):6–11. (In Russ.)
3. Tkachenko ES, Goleva OP, Sherbakov DV, Korzhov IS. Medical and social aspects of infantile cerebral palsy. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2016;(1(47)):1–8. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2016-47-1-8
4. Nurzhanova ZM, Bashkina OA, Samotrueva MA. Comorbid pathology in infantile cerebral palsy and features of the rehabilitation process. *Astrakhanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2019;14(1):27–38. (In Russ.) doi: 10.17021/2019.14.1.27.38
5. Schiariti V, Selb M, Cieza A, O'Donnell M. International Classification of Functioning, Disability and Health Core Sets for children and youth with cerebral palsy: A consensus meeting. *Dev Med Child Neurol*. 2015;57(2):149–158. doi: 10.1111/dmnc.12551
6. Jahan I, Muhit M, Hardianto D, et al. Epidemiology of cerebral palsy in low- and middle-income countries: Preliminary findings from an international multi-centre cerebral palsy register. *Dev Med Child Neurol*. 2021;63(11):1327–1336. doi: 10.1111/dmnc.14926
7. Dochkina ES, Taranushenko TE, Kustova TV. Speech and mental development in children with cerebral palsy. *Zabaykal'skiy Meditsinskiy Vestnik*. 2020;(2):18–24. (In Russ.) doi: 10.52485/19986173\_2020\_2\_18
8. Shevyreva EG, Zaporozhets AV. Clinical psihologicheskie characteristics of children with cerebral palsy. *Sovremennyy Uchenyy*. 2016;(4):30–32. (In Russ.)
9. Timofeeva IV. Impact of social protection for children with cerebral palsy as a condition of formation of “own development environment”. *Izvestiya Rossiyskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. A.I. Gertsena*. 2015;(177):54–61. (In Russ.)
10. Galich LG. Successful rehabilitation of the children with cerebral palsy rehabilitation – the reality of present time. *Zdravookhranenie Dal'nego Vostoka*. 2017;(3(73)):24–27. (In Russ.)
11. Bruykov YuA, Bruykov AA. Application of promising means of adaptive physical education among children with cerebral palsy in the process of corrective education. *Meditsina i Fizicheskaya Kul'tura: Nauka i Praktika*. 2020;2(3(7)):81–86. (In Russ.) doi: 10.20310/2658-7688-2020-2-3(7)-81-86
12. Dzyubenko VA. [Review of modern computer technologies for improvement of effectiveness of speech therapy for children with cerebral palsy.] *Alleya Nauki*. 2019;2(12(39)):800–802. (In Russ.)
13. Bodimer AA. [Features of the development of mental functions in children with cerebral palsy.] *Alleya Nauki*. 2022;1(1(64)):395–397. (In Russ.)
14. Kolchina AG. [Features of forming readiness for learning and adaptation to school in children with cerebral palsy.] In: *Special Pedagogy and Psychology: Traditions and Innovations: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of Young Scientists and Students with International Participation, Moscow, March 25-26, 2019*. Moscow: Moscow Pedagogical State University Publ.; 2019:50–55. (In Russ.)
15. Borisov AE. Current issues in comprehensive aftercare of infantile cerebral palsy. *Vestnik Gosudarstvennogo Sotsial'no-Gumanitarnogo Universiteta*. 2018;(3(31)):3–45. (In Russ.)
16. Nikonov NB, Nikonova LA, Nikonova FN, Khamadyanova AU. Main directions of therapy for infant cerebral palsy and

- spastic diplegia. *International Journal of Medicine and Psychology*. 2020;3(2):149-158. (In Russ.)
17. Zolotkova EV, Zakharova YI. Psychological and pedagogical aspects of the development of preschoolers with cerebral palsy. *Uchebnyy Eksperiment v Obrazovanii*. 2021;4(100):24-28. (In Russ.) doi: 10.51609/2079-875X\_2021\_4\_24
  18. Stelmakh YuB. [Review of modern methods of rehabilitation of children with cerebral palsy.] *Evrasiyskoe Nauchnoe Ob'yedinenie*. 2020;(10-7(68)):551-553. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.4268753
  19. Aslanova SR. Social adaptation in children with cerebral palsy. *Prepodavatel' XXI Vek*. 2016;(3-1):191-197. (In Russ.)
  20. Wright A, Roberts R, Bowman G, Crettenden A. Barriers and facilitators to physical activity participation for children with physical disability: Comparing and contrasting the views of children, young people, and their clinicians. *Disabil Rehabil*. 2019;41(13):1499-1507. doi: 10.1080/09638288.2018.1432702
  21. Shields N, Synnot AJ. An exploratory study of how sports and recreation industry personnel perceive the barriers and facilitators of physical activity in children with disability. *Disabil Rehabil*. 2014;36(24):2080-2084. doi: 10.3109/09638288.2014.892637
  22. Robinson T, Wakely L, Marquez J, Rae K. Surviving, not thriving: a qualitative analysis of parents' perceptions of physical activity participation for rurally residing children with a disability. *Rural Remote Health*. 2018;18(3):4536. doi: 10.22605/RRH4536
  23. Marochkina NV, Orlova IA. Adaptive physical culture in rehabilitation of children with diagnosis children's cerebral paralic. *The Unity of Science*. 2019;(1):115-118. (In Russ.)
  24. Kottuniuk A, Rozensztrauch A, Budzińska P, Rosińczuk J. The quality of life of Polish children with cerebral palsy and the impact of the disease on the family functioning. *J Pediatr Nurs*. 2019;47:e75-e82. doi: 10.1016/j.pedn.2019.05.011
  25. Pustovalova YuA. Peculiarities of psychological redinnes children with cerebral palsy for studying in school. In: *Best Student Paper 2020: Proceedings of the XXVII International Research Contest, Penza, February 25, 2020*. Penza: Science and Enlightenment" (IP Gulyaev G.Yu.) Publ.; 2020:236-239. (In Russ.)
  26. Govorova NV. [Tutor support of a child with cerebral palsy in preparation for school.] *Sovremennye Problemy Lingvistiki i Metodiki Prepodavaniya Russkogo Yazyka v Vuze i Shkole*. 2022;(36):119-123 (In Russ.)
  27. Ponomareva OP, Suslova GA. Assessment of adaptation of children of younger school age with cerebral palsy to occupations at correctional school. *Pediatr*. 2018;9(2):55-66. (In Russ.) doi: 10.17816/PED9255-66
  28. Syrvacheva LA, Zazulina VV. [Inclusion of children with cerebral palsy in inclusive classes.] *The Newman In Foreign Policy*. 2017;(37(81)):60-62. (In Russ.)
  29. Sema AV. [Psychological features of students with infantile cerebral palsy contributing to school maladaptation.] *Problemy Pedagogiki*. 2016;(12(23)):14-16. (In Russ.)
  30. Weber P, Bolli P, Heimgartner N, Merlo P, Zehnder T, Kätterer C. Behavioral and emotional problems in children and adults with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2016;20(2):270-274. doi: 10.1016/j.ejpn.2015.12.003
  31. Gushchin AI, Yarikov VG. [Opportunities of distance learning in working with children with cerebral palsy.] *Elektronnyy Nauchnyy Zhurnal*. 2017;(4-2(19)):54-58. (In Russ.)
  32. Ibragimova YuV, Artishcheva LV. [The significance of empathic features of schoolchildren with disorders of the musculoskeletal system in inclusive education.] In: *Social and Pedagogical Support of Persons with Disabilities: Theory and Practice: Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference, Yalta, May 20-22, 2021*. Simferopol: Arial LLC Publ.; 2021:84-87. (In Russ.)
  33. Kolchina AG. Problems of integration of children with a cerebral palsy in comprehensive school. *Inklyuziya v Obrazovani*. 2017;(1(5)):140-145. (In Russ.)
  34. Evdokimova VV, Medvedeva EN, Kiseleva MM. The use of information and communication technologies in education of people with cerebral palsy (CP). *Vestnik Kurganskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2018;(3(50)):19-21. (In Russ.)
  35. Mladoneczki-Leszko D, Kelemen A. The quality of life of teenagers living with cerebral palsy participating in conductive education. *Orv Hetil*. 2023;164(24):948-953. (In Hungar.) doi: 10.1556/650.2023.32775
  36. Pavlova OS. [Research of personal aspirations of young people with infantile cerebral palsy.] *Problemy Sovremennogo Pedagogicheskogo Obrazovaniya* 2023;(78-3):288-291. (In Russ.)
  37. Seferova TM, Spirina AV. Professional orientation of students with infantile cerebral palsy. *Severnnyy Region: Nauka, Obrazovanie, Kultura*. 2018;(2(38)):64-67. (In Russ.)
  38. Denisova OA, Lekhanova OL, Ponikarova VN. Assessment of teachers' readiness to accompany vocational guidance, education and employment of disabled people. *Vestnik Cherepovetskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2020;(3(96)):193-202. (In Russ.) doi: 10.23859/1994-0637-2020-3-96-19
  39. Denisova OA, Lekhanova OL. On the issue of digital support for career guidance, education and employment of the disabled and individuals with health limitations. *Izvestiya Rossiyskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. A.I. Gertsena*. 2020;(195):96-102. (In Russ.) doi: 10.33910/1992-6464-2020-195-96-102
  40. Shulgina TA, Litnarovich NE. Technologies of social support, career guidance and employment of graduates with disabilities of the medical university. *Kollektsiya Gumanitarnykh Issledovaniy*. 2022;(3(32)):57-65. (In Russ.) doi: 10.21626/j-chr/2022-3(32)/7
  41. Gerasimov AV, Litvinenko IL. Management support (roadmap) vocational guidance and employment of students with disabilities. *Chelovek. Obshchestvo. Inklyuziya*. 2017;(2(30)):77-91. (In Russ.)

**Сведения об авторе:**

✉ Шубочкина Евгения Ивановна – д.м.н., доцент, ведущий специалист НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков; e-mail: evshub@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>

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

**Соблюдение этических стандартов:** данное исследование не требует представления заключения комитета по биоэтической этике или иных 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: 16.10.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

✉ Evgeniya I. Shubochkina, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Leading Specialist, Research Institute of Hygiene and Health Protection of Children and Adolescents; e-mail: evshub@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>.

**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 16, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023



## Потребление молочных продуктов населением Российской Федерации: ретроспективный анализ

Э.Э. Кешабянц, Н.Н. Денисова, А.Н. Мартинчик, Е.А. Смирнова

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

### Резюме

**Введение.** В статье представлен анализ динамики потребления молока и молочных продуктов населением Российской Федерации в период с 1990 по 2022 г. и их роль в питании как источника критически значимых пищевых веществ.

**Цель исследования:** анализ динамики потребления молока и молочных продуктов населением России, ретроспективный анализ тенденций изменения структуры их потребления.

**Материалы и методы.** Анализ структуры потребления молока и молочных продуктов выполнен на основе данных следующих обследований: ежегодные выборочные обследования бюджетов домашних хозяйств, Росстат, 1990–2022 гг.; выборочное наблюдение рационов питания населения, Росстат, 2013 и 2018 гг.; Российский мониторинг социально-экономического положения и состояния здоровья населения в 1994–2012 гг.

**Результаты.** Отмечена положительная тенденция роста частоты потребления молока и молочных продуктов населением, однако в целом их потребление остается ниже рекомендуемых рациональных величин. Наибольший рост в потреблении отмечен для кисломолочных продуктов, йогурта, сметаны и сливок, творога и сырной массы, сыра и брынзы. При этом только 74,5 % взрослых и детей старше 1 года ежедневно или несколько раз в неделю включают в рацион молоко и кисломолочные продукты, творог и творожные изделия – 47,6 % и сыр – 54,5 %. Снижение потребления молока и молочных продуктов населением, в первую очередь детьми, можно рассматривать в качестве серьезного фактора риска развития дефицитов важнейших эссенциальных нутриентов (кальция и витаминов), а также связанных с ними заболеваний – остеопении и остеопороза.

**Заключение.** Обоснована необходимость разработки и реализации адресных образовательных программ по вопросам здорового питания для различных групп населения с акцентом на роль молочных продуктов в питании, их вклад в обеспеченность макро- и микронутриентами, а также рекомендаций о включении в ежедневный рацион не менее 2–3 порций молочных продуктов как для детского, так и взрослого населения.

**Ключевые слова:** молоко, молочные продукты, структура потребления, состояние питания и здоровья.

**Для цитирования:** Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Мартинчик А.Н., Смирнова Е.А. Потребление молочных продуктов населением Российской Федерации: ретроспективный анализ // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 73–81. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-73-81

## Consumption of Dairy Products in the Russian Federation: A Retrospective Analysis

Evelina E. Keshabyants, Natalia N. Denisova, Arseniy N. Martinchik, Elena A. Smirnova

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

### Summary

**Introduction:** The article presents the results of analyzing the dynamics of consumption of milk and dairy products in the Russian Federation in 1990–2022 and their role in nutrition as a source of essential nutrients.

**Objective:** To analyze the dynamics and past trends in the consumption of milk and dairy products in Russia.

**Materials and methods:** We analyzed patterns of milk and dairy product consumption based on data of the following surveys: annual sample surveys of household budgets conducted by the Federal State Statistics Service (Rosstat) in 1990–2022; sample observations of diets carried out by Rosstat in the years 2013 and 2018, and the Russian monitoring of the socio-economic situation and health status of the population in 1994–2012.

**Results:** We have noted a positive upward trend in the frequency of consumption of milk and dairy products by the population; yet, in general, their consumption remains below the recommended rational values. The greatest increase in consumption was noted for fermented milk products, yogurt, sour cream and cream, cottage cheese and curd mass, cheese and feta cheese. At the same time, we established that only 74.5 % of adults and children over a year old include milk and fermented milk products, 47.6 % – cottage cheese and curd products, and 54.5 % – cheese in their diet daily or several times a week. A decrease in the consumption of milk and dairy products by the population, especially children, can be considered as a serious risk factor for the development of deficiencies of the most important essential nutrients (calcium and vitamins) and such related diseases as osteopenia and osteoporosis.

**Conclusion:** The necessity of developing and implementing targeted educational programs for various population groups on healthy eating with an emphasis on the role of dairy products in nutrition, their contribution to supply of macro- and micronutrients, as well as recommendations on including at least 2 to 3 servings of dairy products in the daily diet, both for children and adults, is substantiated.

**Keywords:** milk, dairy products, consumption pattern, nutrition and health status.

**For citation:** Keshabyants EE, Denisova NN, Martinchik AN, Smirnova EA. Consumption of dairy products in the Russian Federation: A retrospective analysis. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):73–81. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-73-81

**Введение.** Молоко и молочные продукты являются важнейшей частью здорового рациона в течение всей жизни человека, начиная с младенческого возраста, т. к. обеспечивают организм полноценным белком, витаминами А, D<sub>3</sub>, К, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, легкоусвояемым кальцием, что делает их незаменимыми, в первую очередь для детей и подростков для развития и формирования зубов и костей [1].

Йогурт, кефир и др. ферментированные молочные продукты являются эффективными пищевыми источниками пробиотических микроорганизмов, которые, по данным множества исследований, могут оказывать благоприятное воздействие на здоровье полости рта и кишечника, а также иммунитет. Благодаря высокому содержанию воды и электролитов жидкие молоко и молочные продукты могут поддерживать необходимый уровень гидратации организма в условиях ограниченного доступа к безопасной питьевой воде.

Молоко и молочные продукты являются также источниками таких биологически активных соединений, как холин и таурин; наличие в них серосодержащих аминокислот, фосфатов, каротиноидов, цинка, селена, ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза), олигосахаридов и пептидов, которые образуются при ферментации и созревании сыра, обуславливают их антиоксидантную способность [2].

Рацион с высоким содержанием молока и молочных продуктов, согласно данным ряда научных исследований, улучшает показатели компонентного состава тела у взрослых и снижает риск детского ожирения [3]. Так, исходя из данных метаанализов проспективных исследований, содержание их в суточном рационе не менее 200–300 мл в день не связано с увеличением риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), а, напротив, установлена обратная зависимость с риском развития инсульта и артериальной гипертензии [4–6].

В настоящее время в Российской Федерации действуют Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающие современным требованиям здорового питания (приказ Минздрава России<sup>1</sup> от 19.08.2016 № 614 с изменениями от 01.12.2020 № 1276 и от 30 декабря 2022 года № 821), которые представляют собой среднедушевые величины потребления основных групп пищевых продуктов, а также их ассортимент, учитывают химический состав и энергетическую ценность пищевых продуктов и обеспечивают расчетную среднедушевую потребность в пищевых веществах и энергии (2400 ккал). Данные рекомендации предназначены для планирования объемов

производства пищевой продукции в агропромышленном комплексе, а также для формирования гражданами индивидуальных рационов питания. Для молока и молочных продуктов в пересчете на молоко рекомендовано потребление 322 кг в год на человека, в том числе молоко, кефир и йогурт – 140 кг; сметана, сливки (10–15 % жирность) – 3 кг; масло животное – 2 кг; творог – 16 кг; сыр – 6 кг.

Уникальный химический состав, высокая биологическая доступность пищевых веществ, богатые традиции пищевого применения, а также круглогодичное производство во всех регионах мира делают группу молочной продукции неотъемлемой частью рекомендаций по здоровому питанию для населения большинства стран и являются основой для установления целевых уровней их потребления в ежедневном рационе. Поэтому углубленная оценка структуры потребления молока и молочных продуктов, их вклада в энергетическую ценность и химический состав рациона россиян является крайне актуальной.

**Цель исследования** – анализ динамики потребления молока и молочных продуктов, ретроспективный анализ тенденций изменения структуры потребления.

**Методы и объекты.** Анализ структуры потребления молочных продуктов выполнен на основе данных следующих исследований:

- ежегодные выборочные обследования бюджетов домашних хозяйств (Росстат, данные о денежных расходах домохозяйств на приобретение ассортимента пищевых продуктов и безалкогольных напитков для домашнего питания, других источниках их поступления и наличии запасов, без учета питания вне дома)<sup>2,3</sup>;

- выборочные наблюдения рационов питания населения в 2013 и 2018 гг. (Росстат, данные об индивидуальном потреблении членами домохозяйств, метод 24-часового воспроизведения питания<sup>4</sup> и оценки частоты потребления основных групп пищевых продуктов [7])<sup>5,6</sup>;

- Российский мониторинг социально-экономического положения и состояния здоровья населения в 1994–2012 гг.

Анализ выполнен для населения страны в целом и для отдельных социально-демографических групп. Ассортимент анализируемых молочных продуктов включал: молоко цельное, кисломолочные продукты, йогурт, сметану и сливки, масло животное (сливочное масло), творог и сырковую массу, сыр и брынзу.

Обработку данных проводили с использованием программы SPSS-statistics v.20.0.

Среднедушевое потребление молочных продуктов представлено для населения старше 1 года;

<sup>1</sup> Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Федерации от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»; с изменениями от 1 декабря 2020 года № 1276 и от 30 декабря 2022 года № 821.

<sup>2</sup> Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2007 году (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств). Стат. сб. / Госкомстат России. М., 2008 г. 63 с.; Каталог публикаций: Федеральная служба государственной статистики (gks.ru).

<sup>3</sup> Социальное положение и уровень жизни населения России: Стат.сб. / Госкомстат России. М., 2019. 352 с.

<sup>4</sup> Методические рекомендации по оценке количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, № С1-19/14-17 от 26 февраля 1996 г.

<sup>5</sup> Выборочное наблюдение рационов питания населения 2013. Федеральная служба государственной статистики. RPN-2013 (gks.ru).

<sup>6</sup> Выборочное наблюдение рационов питания населения 2018. Федеральная служба государственной статистики. РП-2018 (rosstat.gov.ru).

группы по уровню дохода (квинтили) рассчитаны на основе среднедушевого дохода домохозяйства с учетом региона проживания, где 1-й квинтиль – наименьший доход, 5-й квинтиль – наибольший.

Представлены описательные статистики – среднее (СР), стандартное отклонение (СО), для долей – 95 % доверительный интервал (ДИ), сравнение средних проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа ANOVA (поправка Бонферони).

Для оценки размера средней порции для отдельных видов молочной продукции использовали данные 2018 г. об индивидуальном потреблении тех взрослых, кто в день опроса включал в рацион эти виды продуктов.

**Результаты.** Динамика потребления молочных продуктов в пересчете на молоко с 1990 по 2022 год (рис. 1) свидетельствует о его значительном, более чем на 50 %, падении. Наибольшее снижение потребления установлено в 90-е годы – с 378 кг/год в 1990 г. до 199 кг/год в 2000 г., что, безусловно, связано с переменами в российской экономике и общим снижением уровня жизни населения. Начало 2000-х годов отмечено некоторым ростом, к 2010 г. потребление молочных продуктов составило 263 кг/год и, продолжая тенденцию, достигло 273 кг/год

в 2016 г., вышло на плато 266–265 кг/год в 2017–2019 гг. и по данным 2020 г. увеличилось до 272 кг/год. В последние два года вновь отмечена тенденция к снижению потребления молочных продуктов: в 2021 и 2022 годы показатели составили 264,7 и 263,6 кг/год соответственно.

Начиная с 2004–2005 гг. население, проживающее в городской местности, стало потреблять молочных продуктов больше, чем сельское (рис. 2). В 2021 году показатели составили 268,2 и 254,3 кг/год, а в 2022 г. – 266,0 и 256,1 кг/год соответственно.

Значительное влияние на продуктовый состав рациона оказывают демографические и социально-экономические характеристики домохозяйств: уровень доходов и состав семьи.

Показано, что в 2022 г. в семьях с самым высоким уровнем доходов (десятый дециль) потребление молочных продуктов в 2 раза выше, чем в семьях с наименьшими доходами (первый дециль) – 342,2 и 170,6 кг/год соответственно.

В домохозяйствах, состоящих из одного человека, потребление молока и молочных продуктов было выше, чем в домохозяйствах, состоящих из двух человек, в 1,4 раза, трех человек – в 1,8 раза, четырех и более – в 2,1 раза: в среднем на потребителя – 435,6; 306,3; 240,1 и 210,3 кг/год

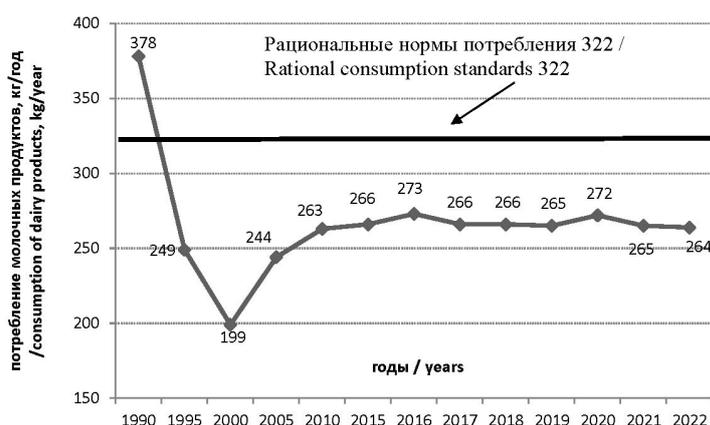


Рис. 1. Динамика потребления молока и молочных продуктов населением РФ за 32 года (в среднем на потребителя в год, кг)

Fig. 1. Dynamics of the annual per capita consumption (kg) of milk and dairy products by the population of the Russian Federation over 32 years

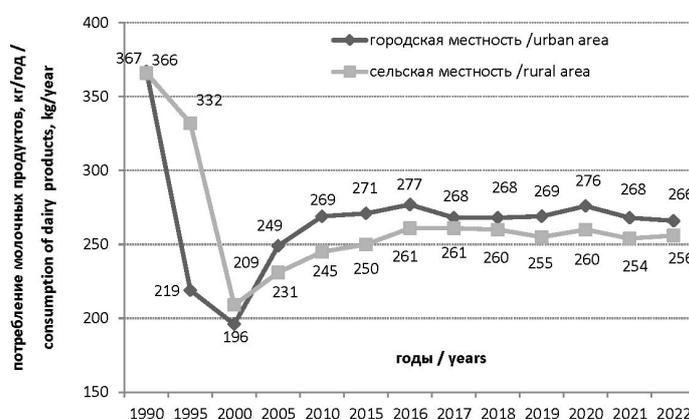


Рис. 2. Динамика потребления молока и молочных продуктов населением РФ в зависимости от типа населенного пункта за 32 года (в среднем на потребителя в год, кг)

Fig. 2. Area-specific dynamics of the annual per capita consumption (kg) of milk and dairy products by the population of the Russian Federation over 32 years

соответственно. Наличие детей в семье и их количество также является определяющим фактором. В семьях, не имеющих детей в возрасте до 16 лет, потребление в 1,5 раза выше, чем в семьях с детьми – 314,7 и 214,3 кг/год соответственно. Кроме того, чем больше детей в семье, тем ниже потребление молока и молочных продуктов: 224,1 кг/год – в домохозяйствах с одним ребенком (70 % от рекомендуемого), 203,5 кг/год – в семьях с двумя детьми (63 % от рекомендуемого), 204,9 кг/год – с тремя и более детьми (64 % от рекомендуемого); в неполных семьях – 217,0 кг/год (67 % от рекомендуемого), в молодых семьях – 217,5 кг/год (67 % от рекомендуемого величина), в семьях, имеющих в своем составе инвалидов, – 281,4 кг/год (87 % от рекомендуемого).

Структура потребления различных видов молочных продуктов представляет отдельный интерес.

В период с 2006 по 2020 г. потребление кисломолочных продуктов выросло в 1,2 раза, йогурта – в 1,6 раза, сметаны и сливок – в 1,3 раза, творога и сырной массы – в 1,4 раза, сыра и брынзы – в 1,3 раза.

В последнее десятилетие до 2020 года потребление молока и кисломолочных продуктов, масла животного, сыра и брынзы осталось стабильным, при этом отмечался небольшой рост для сметаны и сливок, а также творога и сырной массы (табл. 1), а потребление йогурта незначительно варьирует. С 2021 года Росстат представляет данные по потреблению отдельных видов молочных продуктов с некоторым изменением в группировке: выделена категория «молоко топленое, сливки», «йогурт густой», «сметана», что в определенной степени затрудняет оценку данных категорий в динамике.

В 2022 г. потребление в сумме молока цельного, кисломолочных продуктов и йогурта было ниже рекомендуемого в 2,3 раза, творога и сырной массы – 2,2 раза, тогда как потребление продуктов с высокой жирностью – масла животного, сметаны и сливок – почти в 2 раза выше рекомендуемого.

Сравнение городских и сельских домохозяйств в 2022 г. показало более высокий уровень потребления среди горожан сыров, кисломолочных продуктов, йогурта густого, творога и сырной массы (в 1,2, 1,3, 1,5, 1,1 раза соответственно), тогда как молока цельного/обезжиренного – в 1,1 раза меньше (рис. 3).

Частота потребления молока и молочной продукции подтверждает значимость этой группы для рациона россиян. По данным 2018 г. 74,5 % (ДИ: 74,2–74,8 %) взрослых и детей старше 1 года ( $n = 99782$ ) ежедневно или несколько раз в неделю включают в рацион молоко и кисломолочные продукты, творог и творожные изделия – 47,6 % (47,3–47,9 %), сыр – 54,5 % (54,2–54,9 %) и сливочное масло – 72,7 % (72,4–73,0 %). При этом практически не употребляют молоко и кисломолочные продукты 7,0 % (6,8–7,2 %), творог и творожные изделия – 15,3 % (14,9–15,6 %), сыр – 12,2 % (12,0–12,6 %) и сливочное масло – 9,0 % (8,7–9,3 %).

Необходимо отметить, что среди тех, кто признает важность ежедневного потребления двух молочных продуктов, регулярно включают их в свой рацион только 86,4 % (86,0–86,8 %) взрослых ( $n = 81523$ ), при этом среди тех, кто не считает данный принцип здорового питания важным, эта доля значимо ниже – 68,0 % (67,6–68,4 %) ( $p < 0,05$ ).

Оценка среднесуточного среднелюдиного потребления различных видов молочных продуктов

**Таблица 1. Потребление некоторых видов молочных продуктов в 2006–2022 годах (в среднем на потребителя кг/год)**

**Table 1. Annual per capita consumption (kg) of certain types of dairy products in 2006–2022**

Годы / Years	Молоко цельное / Whole milk	Кисломолочные продукты / Fermented milk products	Йогурт / Yogurt	Сметана, сливки / Sour cream, cream	Масло животное / Butter	Творог, сырная масса / Cottage cheese, curd mass	Сыр и брынза / Cheese and feta cheese
2006	46,2	9,7	2,8	5,1	4,2	5,5	5,2
2007	45,5	10,8	3,3	5,2	4,2	5,6	5,3
2008	45,5	10,4	3,1	5,2	4,2	5,6	5,4
2009	46,9	10,7	3,3	5,5	4,2	6,1	6,0
2010	49,3	11,3	3,9	5,6	4,2	6,1	6,1
2011	48,1	11,0	4,0	5,7	4,1	6,5	6,3
2012	48,9	11,0	4,3	5,8	4,1	6,6	6,4
2013	48,6	11,8	4,8	5,9	4,1	6,9	6,5
2014	47,4	11,8	4,8	5,9	4,1	6,9	6,3
2015	48,0	11,9	4,0	5,9	4,1	7,2	6,2
2016	49,0	12,3	4,0	6,2	4,1	7,8	6,4
2017	48,1	11,7	3,9	6,1	4,0	7,2	6,4
2018	47,5	11,6	3,9	6,2	3,9	7,3	6,5
2019	47,7	11,2	4,1	6,3	3,9	7,3	6,5
2020	47,5	11,6	4,4	6,6	3,8	7,9	6,8
2021	45,5*	12,7	2,4**	5,7***	3,8	7,5	7,0
2022	44,7*	12,5	2,1**	5,7***	3,9	7,4	7,0

*Примечание:* \* – молоко цельное и обезжиренное; \*\* – йогурт густой (до 2021 года – йогурт без учета консистенции; \*\*\* – сметана (с 2021 года только сметана, сливки учитываются в данной группе, вместе с топленым молоком).

*Notes:* \* whole and skimmed milk; \*\* thick yogurt (until 2021 – yogurt, regardless of consistence); \*\*\* sour cream (since 2021 only sour cream, cream are taken into account in this group, along with baked milk).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-73-81>  
Original Research Article

взрослым и детским (старше 1 года) населением с 1994 по 2018 г. свидетельствует о том, что основные тенденции соответствуют данным бюджетной статистики (табл. 3). Потребление всех основных групп выросло: молока питьевого – в 1,2 раза, творога и творожных изделий – в 3,9 раза, сыров – в 1,7 раза, сливок и сметаны – в 2,4 раза. Наибольший рост установлен для группы кисломолочных жидких продуктов – в 5,2 раза, в первую очередь за счет существенного увеличения среднесуточного потребления йогурта – в 16,6 раза.

Количество молока высокой жирности (> 3,0 %) в дневном рационе за рассматриваемый период изменилось незначительно и составляло 70–98 г/сутки, тогда как молока с содержанием жира 1,1–3,0 % выросло почти в 2 раза (в 1996 и 2018 гг. – 21,5 и 47,5 г/день соответственно); при этом потребление молока низкой жирности (0,0–1,0 %) остается незначительным. Отметим, что традиционно в рационах россиян преобладает молоко высокой степени жирности: в 2013 и 2018 гг. соотношение среднедушевого среднесуточного потребления молока с содержанием жира > 3,0 % и < 3,0 % составляло 1,5 : 1,0.

Существенное влияние на среднесуточное потребление молочных продуктов оказывают доходы населения. Так, в среднем суточное потребление населением с наименьшими доходами (первый квинтиль) сыра/брынзы было меньше в 1,7 раза ( $p < 0,05$ ), кисломолочных продуктов, сметаны/сливок, творога / сырковой массы – в 1,5 раза меньше ( $p < 0,05$ ), йогурта – в 1,4 раза меньше ( $p < 0,05$ ), тогда как молока цельного – в 1,3 раза больше ( $p < 0,05$ ), чем населением с высоким уровнем дохода (пятый квинтиль) (табл. 2).

При этом среди взрослого населения у лиц старше 60 лет в среднем было выше потребление молока питьевого в 1,4–1,5 раза ( $p < 0,05$ ), кисломолочных продуктов (кефир, ряженка, простокваша) в 1,3–1,7 раза ( $p < 0,05$ ), творога и творожных изделий – в 1,3 ( $p < 0,05$ ), чем у более молодых лиц, тогда как йогурта – меньше в 1,5–3,0 раза ( $p < 0,05$ ), сыра и брынзы – в 1,3–1,4 раза ( $p < 0,05$ ) (рис. 4).

**Обсуждение.** Для Российской Федерации молоко и молочная продукция являются группой пищевых продуктов, обеспечивающих существенный вклад в энергетическую (9,66 %) и пищевую ценность суточного рациона (белок – 13,73 %, жиры –

13,48 %, насыщенные жирные кислоты – 19,46 %, добавленные сахара – 5,28 %) [8].

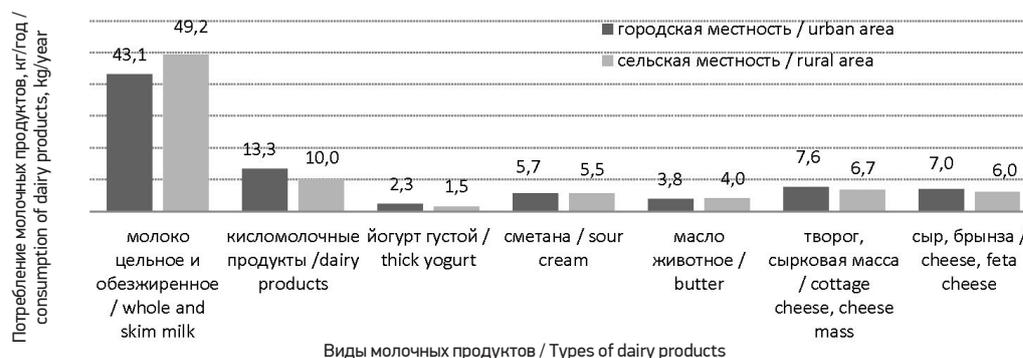
Важно, что как недостаточное, так и избыточное потребление молочных продуктов связывают с различными рисками здоровью человека. Эпидемиологические исследования показывают, что их дефицит в рационе может являться причиной низкой обеспеченности детского и взрослого населения кальцием, витамином D, калием и белком; тогда как высокий уровень потребления – избытка в рационе насыщенных жиров и холестерина (за счет высокожирной сметаны, сливочного масла, твердых сыров), добавленных сахаров (за счет сладких молочных продуктов и десертов) и соли (за счет сыров) [9].

Исключение из рациона молочных продуктов повышает риск развития недостаточности потребления ряда витаминов и минеральных веществ, в первую очередь витаминов группы В и кальция. При этом высокий уровень потребления отдельных видов молочной продукции с избыточным содержанием насыщенных жиров, холестерина, добавленных сахаров, по данным некоторых исследований, может стать причиной развития избыточной массы тела и ожирения [10–14].

Достаточное поступление кальция с пищей необходимо для профилактики и лечения остеопении и остеопороза, способствуя сохранению минеральной плотности костной ткани и снижению риска переломов костей, особенно у людей пожилого возраста [15].

В России среди лиц в возрасте 50 лет и старше остеопороз выявляется у 34 % женщин и 27 % мужчин, а частота остеопении составляет 43 и 44 % соответственно [16]. Сниженные показатели минеральной плотности ткани имеют 38–43 % российских детей в возрасте 5–18 лет без сопутствующей соматической патологии (мальабсорбция, гепатит, тиреотоксикоз, сахарный диабет и др.), а остеопороз выявлен у 10–11 % подростков 14–15 лет и у 5–6 % подростков 17–18 лет [17–20].

Для детского и взрослого населения Российской Федерации характерно недостаточное поступление кальция и витамина D с пищей. Среднее потребление кальция среди взрослых старше 18 лет составляет 510–560 мг/сут. (физиологическая потребность для взрослых – 1000 мг/сут., для лиц старше 65 лет – 1200 мг/сут.), среди детей старше трех лет 770–820 мг/сутки (физиологическая потребность –



**Рис. 3.** Потребление некоторых видов молочных продуктов в домохозяйствах городской и сельской местности в 2022 году (в среднем на потребителя кг/год)

**Fig. 3.** Annual per capita consumption (kg) of certain types of dairy products in urban and rural households in 2022

**Таблица 2. Потребление некоторых видов молочных продуктов населением Российской Федерации старше 1 года в зависимости от уровня дохода в 2018 году (г/день)****Table 2. Daily consumption (g) of certain types of dairy products in the population of the Russian Federation over 1 year of age by income in 2018**

Молочные продукты / Dairy products	Группы по уровню дохода / Income groups									
	1-й квинтиль / 1 <sup>st</sup> quintile		2-й квинтиль / 2 <sup>nd</sup> quintile		3-й квинтиль / 3 <sup>rd</sup> quintile		4-й квинтиль / 4 <sup>th</sup> quintile		5-й квинтиль / 5 <sup>th</sup> quintile	
	CP / M	CO / SD								
Молоко цельное / Whole milk	139*	172	129*	161	123*	156	119*	150	106	141
Кисломолочные продукты / Fermented milk products	44*	102	53*	108	60*	116	64	117	65	123
Йогурт / Yogurt	13*	51	15*	58	14*	54	15*	56	18	63
Сметана, сливки / Sour cream, cream	13*	33	16*	32	17*	33	19	35	19	35
Масло животное / Butter	13	17	14	17	14	17	14	17	13	17
Творог, сырная масса / Cottage cheese, curd mass	22*	56	25*	59	28*	62	30	65	32	66
Сыр и брынза / Cheese and feta cheese	11*	26	13*	31	14*	30	16*	31	19	34

Примечание: CO – среднее, CO – стандартное отклонения; \* –  $p < 0,05$  по сравнению с 5-м квинтилем.

Notes: M, mean; SD, standard deviation; \*  $p < 0.05$  compared to quintile 5.

**Таблица 3. Среднесуточное (г/день) потребление различных видов молочных продуктов, все население в возрасте старше 1 года****Table 3. Average daily consumption (g) of different types of dairy products, entire population over 1 year of age**

Продукты / Products	Годы обследования / Years of observation															
	1994		1996		1998		2000		2001		2012		2013		2018	
	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD	CP / M	CO / SD
Молоко питьевое всех видов / Fluid milk of all types	105,7	184,0	120,4	205,8	113,0	189,8	118,3	212,0	116,2	201,0	106,9	161,5	115,8	157,4	122,6	156,3
Молоко питьевое жирность 0–1,0 % / Fluid milk, 0–1.0 % fat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0	0,8	17,4	0,4	4,5	0,4	5,9	0,5	8,9
Молоко питьевое жирность 1,1–3,0 % / Fluid milk, 1.1–3.0 % fat	29,9	96,9	21,5	75,2	24,3	83,9	24,4	88,4	27,9	93,6	32,5	92,5	46,6	98,6	47,5	98,9
Молоко питьевое жирность > 3,0 % / Fluid milk, > 3.0 % fat	75,2	161,0	98,0	192,9	87,7	173,9	92,4	195,8	86,4	180,4	73,4	135,8	67,8	123,8	73,8	125,0
Кисломолочные жидкие продукты, сумма / Fluid fermented milk products, total	13,9	65,1	17,8	75,5	19,8	82,9	24,7	88,8	30,6	94,3	39,7	103,5	58,0	115,6	71,9	124,9
Йогурт / Yogurt	0,95	15	1,92	20,7	1,62	18,3	3,57	30,2	4,34	32,6	8,54	47,1	11,76	51,4	15,77	58,7
Кефир / Kefir	10,9	58,2	12,0	61,5	14,5	72,8	16,8	73,7	19,8	77,6	25,6	84,5	39,6	97,4	45,2	101,4
Ряженка, простокваша и др. / Ryazhenka, curdled milk, etc.	2,03	25,5	3,87	38,8	3,67	33	4,3	37,5	6,44	44,8	5,6	40,0	6,68	42,4	10,97	54,4
Творог и творожные изделия / Cottage cheese and curd products	7,06	31,3	8,62	39,1	6,94	35,6	8,55	38,5	10,83	44,6	15,9	51,3	19,95	52,0	27,25	61,4
Сыры / Cheese	8,31	27,2	8,14	28,5	5,79	21,8	6,98	25	8,25	28	12,09	27	10,61	23,8	14,08	28,9
Сливки, сметана / Cream, sour cream	6,9	27	7,88	27,7	7,44	28,3	9,54	34,4	7,66	27,7	10,51	36,3	10,64	28,1	16,4	32,6

Примечание: CP – среднее, CO – стандартное отклонение.

Notes: M, mean; SD, standard deviation.

900–1200 мг/сут.) [2]. Недостаточность кальция в рационах часто усугубляется сопутствующей недостаточностью витамина D.

Кальций из молока и молочных продуктов (йогурты, сыры, творог) обладают более высокой биодоступностью, чем из злаков и листовых овощей, так как содержащиеся в них оксалаты препятствуют всасыванию кальция в кишечнике. Для обеспечения достаточного уровня потребления кальция необходимо каждый день включать в рацион не менее трех порций молочных продуктов. Одна порция подразумевает 30 г сыра или 100 г творога, 150 г йогурта или 1 стакан (200 мл) молока/кефира [1, 2].

Однако только 74,5 % взрослых и детей старше 1 года ежедневно или несколько раз в неделю включают в рацион молоко и кисломолочные продукты, творог и творожные изделия – 47,6 % и сыр – 54,5 %. При этом практически не употребляют молоко и кисломолочные продукты 7,0 %, творог и творожные изделия – 15,3 %, сыр – 12,2 %.

При отказе от молочных продуктов или их потреблении ниже рекомендованных значений (например, при непереносимости белков молока или лактазной недостаточности) рацион питания как взрослых, так и детей может быть дополнен другими источниками белка, а для восполнения

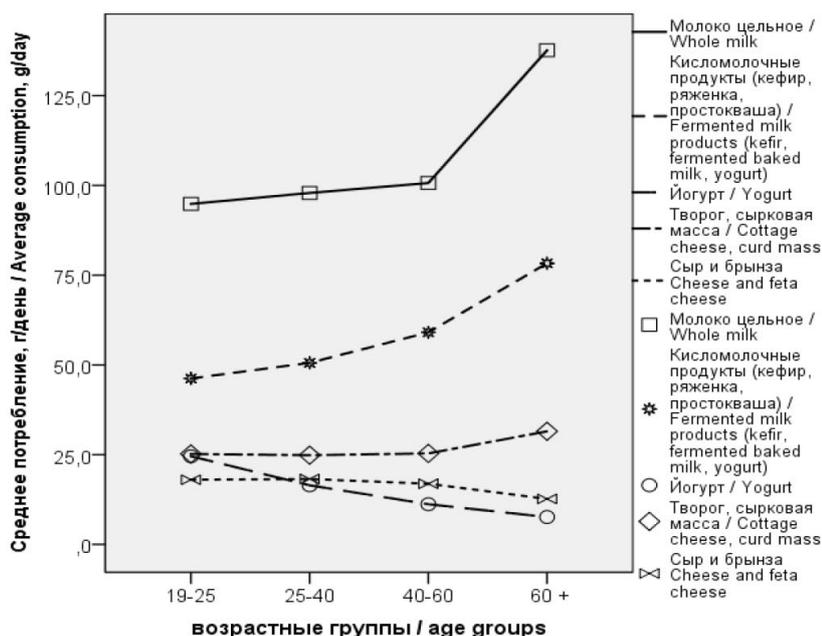


Рис. 4. Возрастные особенности потребления молочных продуктов населением в 2018 г. (г/день)  
Fig. 4. Age-specific consumption of dairy products by the Russian population in 2018 (g/day)

недостаточного потребления кальция с пищей использованы витаминно-минеральные комплексы, содержащие кальций [21, 22].

Вышеизложенное обосновывает актуальность и необходимость реализации адресных образовательных программ для различных групп населения по вопросам здорового питания с акцентом на роль молочных продуктов в питании, их вклад в обеспеченность макро- и микронутриентами, а также необходимость рекомендации о включении в ежедневный рацион не менее 2–3 порций молочных продуктов как для детского, так и взрослого населения.

**Заключение.** Ретроспективный анализ потребления молока и молочных продуктов населением Российской Федерации показывает, что молочные продукты традиционно занимают важнейшее место в ежедневном рационе россиян и вносят существенный вклад в энергетическую ценность и обеспечение основными пищевыми веществами, в то же время являясь источниками критически значимых для здоровья нутриентов.

В целом отмечена положительная тенденция в потреблении молока и молочных продуктов населением, а наибольший рост отмечен для кисломолочных продуктов, йогурта, сметаны и сливок, творога и сырковой массы, сыра и брынзы.

Тем не менее содержание молочных продуктов в рационе остается ниже рекомендуемых рациональных величин. Значительное влияние на уровни потребления оказывают демографические и социально-экономические характеристики домохозяйств, такие как состав семьи, возраст и уровень доходов.

Недостаточное потребление молока и молочных продуктов населением, в первую очередь детьми, можно рассматривать в качестве серьезного фактора риска развития дефицитов некоторых эссенциальных нутриентов (кальция и витаминов),

а также связанных с ними заболеваний – остеопении и остеопороза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коденцова В.М., Рисник Д.В. Молочные продукты как источник микронутриентов // Переработка молока. 2022. № 1 (267). С. 48–53. doi: 10.33465/2222-5455-2022-1-48-53
2. Батури А.К., Шарафетдинов Х.Х., Коденцова В.М. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний // Вопросы питания. 2022. Т. 91. № 1. С. 65–75. doi:10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75
3. Marangoni F, Pellegrino L, Verduci E, et al. Cow's milk consumption and health: A health professional's guide. *J Am Coll Nutr.* 2019;38(3):197–208. doi: 10.1080/07315724.2018.1491016
4. Hu D, Huang J, Wang Y, Zhang D, Qu Y. Dairy foods and risk of stroke: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2014;24(5):460–469. doi: 10.1016/j.numecd.2013.12.006
5. Ricci C, Baumgartner J, Zec M, Kruger HS, Smuts CM. Type of dietary fat intakes in relation to all-cause and cause-specific mortality in US adults: An iso-energetic substitution analysis from the American National Health and Nutrition Examination Survey linked to the US mortality registry. *Br J Nutr.* 2018;119(4):456–463. doi: 10.1017/S0007114517003889
6. de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A, et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ.* 2015;351:h3978. doi: 10.1136/bmj.h3978
7. Мартинчик А.Н., Батури А.К., Баева В.С. и др. Разработка метода исследования фактического питания по анализу частоты потребления пищевых продуктов: создание вопросника и общая оценка достоверности метода. // Вопросы питания. 1998. № 3. С. 8–13.

8. Мартинчик А.Н., Кешабянц Э.Э., Пескова Е.В., Михайлов Н.А., Батулин А.К. Молочные продукты и ожирение: pro и contra, российский опыт. // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 4. С. 39–47. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10040
9. 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. 2952. doi:10.15829/1728-8800-2021-2952
10. Li Y, Hruby A, Bernstein AM, et al. Saturated fats compared with unsaturated fats and sources of carbohydrates in relation to risk of coronary heart disease: A prospective cohort study. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(14):1538-1548. doi: 10.1016/J.jacc.2015.07.055
11. Карамнова Н. С., Шальнова С.А., Деев А.Д. и др. от имени участников исследования ЭССЕ-РФ. Характер питания взрослого населения по данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2018. Т. 17. № 4. С. 61–66. doi:10.15829/1728-8800-2018-4-61-66
12. Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Després JP, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2010;33(11):2477-2483. doi: 10.2337/dc10-1079
13. Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and cohort studies. *BMJ*. 2012;346:e7492. doi: 10.1136/bmj.e7492
14. Te Morenga LA, Howatson AJ, Jones RM, Mann J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: Systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(1):65-79. doi: 10.3945/ajcn.113.081521
15. Caroli A, Poli A, Ricotta D, Banfi G, Cocchi D. Invited review: Dairy intake and bone health: A viewpoint from the state of the art. *J Dairy Sci*. 2011;94(11):5249-5262. doi: 10.3168/jds.2011-4578
16. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. Остеопороз и остеопатии. 2021;24(2):4-47
17. Таранушенко Т.Е., Киселева Н.Г. Остеопороз в детском возрасте: особенности минерализации скелета у детей, профилактика и лечение // Медицинский совет. 2020. Т. 10. С. 164–171. doi: 10.21518/2079-701X-2020-10-164-17.
18. Ключников С.О., Кравчук Д.А., Оганнисян М.Г. Остеопороз у детей и его актуальность для детской спортивной медицины // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017. Т. 62. № 3. С. 112–120. doi: 10.21508/1027-4065-2016-61-3-112-120
19. Мальцев С.В., Мансурова Г.Ш. Снижение минеральной плотности кости у детей и подростков: причины, частота развития, лечения // Вопросы современной педиатрии. 2015. Т. 14. № 5. С. 573–578. doi: 10.15690/vsp.v14i5.1442
20. Тыртова Д.А. Эрман М.В., Тыртова Л.В., Ивашикина Т.М. Остеопороз в детском и подростковом возрасте: состояние проблемы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2009. № 2. С. 164–173. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12792336>. (дата обращения 18.10.23.)
21. Stover PJ. Human nutrition and genetic variation. *Food Nutr Bull*. 2007;28(1 Suppl International): S101-S115. doi: 10.1177/15648265070281S109
22. Enattah NS, Sahi T, Savilahti E, Terwilliger JD, Peltonen L, Järvelä I. Identification of a variant associated with

adult-type hypolactasia. *Nat Genet*. 2002;30(2):233-237. doi: 10.1038/ng826

## REFERENCES

1. Kodentsova VM, Risnik DV. [Dairy products as a source of micronutrients.] *Pererabotka Moloka*. 2022;(1(267)):48-53. (In Russ.) doi: 10.33465/2222-5455-2022-1-48-53
2. Baturin AK, Sharafetdinov KhKh, Kodentsova VM. Role of calcium in health and reducing the risk of non-communicable diseases. *Voprosy Pitaniya*. 2022;91(1):65-75. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75
3. Marangoni F, Pellegrino L, Verduci E, et al. Cow's milk consumption and health: A health professional's guide. *J Am Coll Nutr*. 2019;38(3):197-208. doi: 10.1080/07315724.2018.1491016
4. Hu D, Huang J, Wang Y, Zhang D, Qu Y. Dairy foods and risk of stroke: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2014;24(5):460-469. doi: 10.1016/j.numecd.2013.12.006
5. Ricci C, Baumgartner J, Zec M, Kruger HS, Smuts CM. Type of dietary fat intakes in relation to all-cause and cause-specific mortality in US adults: An iso-energetic substitution analysis from the American National Health and Nutrition Examination Survey linked to the US mortality registry. *Br J Nutr*. 2018;119(4):456-463. doi: 10.1017/S0007114517003889
6. de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A, et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ*. 2015;351:h3978. doi: 10.1136/bmj.h3978
7. Martinchik AN, Baturin AK, Baeva VS, et al. [Development of a method for the study of actual nutrition based on the analysis of the frequency of food consumption: Creation of a questionnaire and an overall assessment of the reliability of the method.] *Voprosy Pitaniya*. 1998;(3):8-13. (In Russ.)
8. Martinchik AN, Keshabyants EE, Peskova EV, Mikhaylov NA, Baturin AK. Dairy products and obesity: pro and contra, Russian experience. *Voprosy Pitaniya*. 2018;87(4):39-47. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2018-10040
9. Drapkina OM, Karamnova NS, Kontsevaya AV, et al. Alimentary-dependent risk factors for chronic non-communicable diseases and eating habits: Dietary correction within the framework of preventive counseling. *Methodological Guidance. Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(5):273-334. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2021-2952
10. Li Y, Hruby A, Bernstein AM, et al. Saturated fats compared with unsaturated fats and sources of carbohydrates in relation to risk of coronary heart disease: A prospective cohort study. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(14):1538-1548. doi: 10.1016/J.jacc.2015.07.055
11. Karamnova NS, Shalnova SA, Deev AD, et al. Nutrition characteristics of adult inhabitants by ESSE-RF study. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2018;17(4):61-66. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2018-4-61-66
12. Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Després JP, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2010;33(11):2477-2483. doi: 10.2337/dc10-1079
13. Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and cohort studies. *BMJ*. 2012;346:e7492. doi: 10.1136/bmj.e7492
14. Te Morenga LA, Howatson AJ, Jones RM, Mann J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: Systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-73-81>

Original Research Article

- effects on blood pressure and lipids. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(1):65-79. doi: 10.3945/ajcn.113.081521
15. Caroli A, Poli A, Ricotta D, Banfi G, Cocchi D. Invited review: Dairy intake and bone health: A viewpoint from the state of the art. *J Dairy Sci.* 2011;94(11):5249-5262. doi: 10.3168/jds.2011-4578
  16. Belaya ZhE, Belova KYu, Biryukova EV, et al. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporoz i Osteopatii.* 2021;24(2):4-47. doi: 10.14341/osteo12930
  17. Taranushenko TE, Kiseleva NG. Paediatric osteoporosis: Features of skeletal mineralization in children, prevention and treatment. *Meditinskiy Sovet.* 2020;(10):164-171. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2020-10-164-171
  18. Kljuchnikov SO, Kravchuk DA, Ogannisyan MG. Osteoporosis in children and its relevance for pediatric sports medicine. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii.* 2017;62(3):112-120. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2016-61-3-112-120
  19. Maltsev SV, Mansurova GSh. Reduced bone mineral density in children and adolescents: Causes, incidence and treatment. *Voprosy Sovremennoy Pediatrii.* 2015;14(5):573-578. (In Russ.) doi: 10.15690/vsp.v14i5.1442
  20. Tyrtova LV, Erman MV, Tyrtova DA, Ivashikina TM. Osteoporosis in childhood and adolescence – The state of problem. Report 1. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Meditsina.* 2009;(2):164-177. (In Russ.)
  21. Stover PJ. Human nutrition and genetic variation. *Food Nutr Bull.* 2007;28(1 Suppl International): S101-S115. doi: 10.1177/15648265070281S109
  22. Enattah NS, Sahi T, Savilahti E, Terwilliger JD, Peltonen L, Järvelä I. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nat Genet.* 2002;30(2):233-237. doi: 10.1038/ng826

**Сведения об авторах:**

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

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

**Мартинчик** Арсений Николаевич – д.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: arsmartin@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5200-7907>.

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

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Смирнова Е.А., Мартинчик А.Н.*; анализ и интерпретация результатов: *Мартинчик А.Н., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Смирнова Е.А.*; обзор литературы: *Денисова Н.Н.*; подготовка проекта рукописи: *Кешабянц Э.Э., Смирнова Е.А.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

**Финансирование:** Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств госбюджета на выполнение государственного задания по теме ФНИ № FGMF-2022-0001.

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

Статья получена: 07.11.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликована: 29.12.23

**Author information:**

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

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

Arseniy N. **Martinchik**, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Demography and Nutritional Epidemiology; e-mail: arsmartin@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5200-7907>.

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

**Author contributions:** study conception and design: *Smirnova E.A., Martinchik A.N.*; analysis and interpretation of results: *Martinchik A.N., Keshabyants E.E., Denisova N.N., Smirnova E.A.*; literature review: *Denisova N.N.*; draft manuscript preparation: *Keshabyants E.E., Smirnova E.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** This research received no external funding and was conducted within the state assignment on the topic of fundamental scientific research No. FGMF-2022-0001.

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

Received: November 7, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023

© Коллектив авторов, 2023

УДК 613.2, 81.32



## Анализ взаимосвязи наименований и качества различных групп пищевой продукции

Г.Д. Щербаков, В.В. Бессонов, Э.С.-А. Шахвалиева

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,  
Устьинский пр-д, д. 2/14, г. Москва, 109240, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Анализ наименований пищевых продуктов является важной задачей, направленной на решение двух проблем: определения взаимосвязи между результатами исследований и отдельными применяемыми словами и, как следствие, получения достоверной с точки зрения качества пищевых продуктов классификации внутри подгрупп.

**Цель исследования:** анализ взаимосвязи между наименованиями пищевых продуктов и их микро- и макро-нутриентным составом.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны результаты исследований хлебобулочных изделий, мясных полуфабрикатов и питьевого молока, выполненные в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» в 2020–2021 годах лабораториями Роспотребнадзора. Использовались такие методы лингвистического анализа, как токенизация, удаление шумовых слов, стемминг и анализ N-грамм.

**Результаты.** Для группы хлебобулочных изделий были выделены слова, а также их отдельные составляющие, которые позволили разделить образцы по ранее полученным группам с различным содержанием натрия, белка и жира. Для группы мясных полуфабрикатов, где разделение было проведено по показателям натрия и жира, также был получен список слов, позволяющих провести обратную классификацию по наименованиям. Для молока питьевого был получен отрицательный результат, продукты, в которых было выявлено низкое содержание кальция, никак не отличались от других групп по своим наименованиям и их частям.

**Заключение.** Анализ наименований пищевых продуктов продемонстрировал потенциальную возможность для классификации пищевых продуктов по их наименованиям с целью оценки их вероятного микро- и макро-нутриентного состава. Необходимо провести ряд дальнейших исследований, направленных на расширение перечня анализируемых групп продукции, особенно входящих в потребительскую корзину.

**Ключевые слова:** качество пищевых продуктов, наименования продукции, лингвистический анализ, база данных химического состава пищевых продуктов, цифровая нутрициология, классификация пищевых продуктов.

**Для цитирования:** Щербаков Г.Д., Бессонов В.В., Шахвалиева Э.С.-А. Анализ взаимосвязи наименований и качества различных групп пищевой продукции // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 82–90. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90

## Analysis of the Relationship between Names and Quality of Various Groups of Food Products

Grigory D. Shcherbakov, Vladimir V. Bessonov, Elina S.-A. Shakhvaliyeva

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

### Summary

**Introduction:** The analysis of food names is an important task aimed at solving two problems, namely, determining the relationship between research results and individual words used and, as a result, obtaining a reliable, from the point of view of food quality, classification within subgroups.

**Objective:** To analyze the relationship between the names of food products and their micro- and macronutrient composition.

**Materials and methods:** The research object was the whole aggregate of the results of testing bakery products, processed meat products, and milk carried out within the framework of the Federal Project on Public Health Promotion in 2020–2021 by laboratories of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rosпотребнадзор). We applied such linguistic analysis methods as tokenization, noise word removal, stemming, and N-gram analysis.

**Results:** For bakery products, we selected words and their parts enabling us to divide samples into previously obtained groups with different contents of sodium, protein, and fat. For processed meat products, classified by the sodium and fat contents, we also compiled a list of words allowing a reverse classification by name. For fluid milk, we obtained a negative result since the products with the established low calcium content did not differ from other groups in terms of names and their parts.

**Conclusions:** The analysis of food names has demonstrated the potential for classifying foods by their names in order to assess their likely micro- and macronutrient composition. It is necessary to conduct a number of further studies aimed at expanding the list of analyzed product groups, especially those included in the consumer basket.

**Keywords:** food quality, product names, linguistic analysis, food chemical composition database, digital nutrition, food classification.

**For citation:** Shcherbakov GD, Bessonov VV, Shakhvaliyeva ES-A. Analysis of the relationship between names and quality of various groups of food products. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):82–90. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90>  
Original Research Article

**Введение.** Базы данных химического состава пищевых продуктов (БД ХСПП) являются важным аналитическим инструментом для пищевой промышленности и исследований в области питания. Они представляют собой всеобъемлющий источник информации о составе пищевых продуктов, содержании нутриентов и других соответствующих данных. Использование таких баз данных становится все более важным в последние годы, поскольку число исследований о влиянии рациона на здоровье неуклонно растет.

БД ХСПП используют для определения содержания нутриентов в пищевых продуктах, включая макроэлементы (например, углеводы, белки и жиры), витамины, минеральные вещества и биологически активные соединения. Информация о содержании нутриентов в пищевых продуктах может быть использована для мониторинга питания и оценки потребления пищи, а также для предоставления рекомендаций по питанию [1]. БД ХСПП также используют для создания инструментов оценки рациона питания и составления таблиц химического состава пищевых продуктов. Кроме того, БД ХСПП используются в эпидемиологических исследованиях для изучения связи между питанием и здоровьем, оценки рисков развития алиментарно-зависимых заболеваний [2].

БД ХСПП применяют для оценки воздействия производства пищевых продуктов на окружающую среду, например, углеродного следа пищевых производств, а также методов ведения сельского хозяйства [3]. К преимуществам использования БД ХСПП относятся их точность, надежность и доступность [4].

БД ХСПП предоставляют точную и актуальную информацию о содержании в пищевых продуктах нутриентов, важных с точки зрения питания и здоровья. Они также являются надежными источниками информации. Кроме того, БД ХСПП легкодоступны, поскольку они открыто размещены в Интернете или опубликованы в печатном формате [5]. Однако существуют некоторые ограничения, связанные с использованием БД ХСПП [6]. Например, некоторые базы данных могут быть недостаточно полными, чтобы собрать всю необходимую информацию о пищевом продукте. Кроме того, некоторые базы данных могут не включать данные из разных стран или регионов, а также могут не содержать подробной информации о способах приготовления (рецептурах) того или иного пищевого продукта или блюда [7, 8]. Для того чтобы нивелировать данные ограничения, исследователями применяется ряд мер.

Важным инструментом являются меры контроля качества (МКК) данных. МКК представляют собой установленные руководящие принципы, которые помогают обеспечить точность данных, предоставляя рекомендации по допустимым уровням ошибок или неточностей, а также другие критерии, такие как полнота и предельная давность данных [9]. МКК можно применять к различным типам источников данных, включая ответы на опросы, результаты лабораторных исследований или онлайн-отчеты [10]. Кроме того, они помогают повысить надежность

и точность любых выводов, полученных на основе анализа данных, собранных из этих ресурсов [11].

Вторая мера, принимаемая исследователями при работе с БД ХСПП, заключается в ограничении включения определенных типов источников данных в их анализ. Это помогает обеспечить включение только данных из надежных источников, точность которых была проверена до внесения их в базу [12]. Кроме того, задание критериев включения, таких как временные рамки или географический район сбора данных, дополнительно повышает достоверность и надежность любых выводов, сделанных на основе этих ресурсов [13]. Такие ограничения также могут уменьшить систематическую ошибку, возникающую из-за расхождений между системами маркировки или моделями рационов (нутриентные профили рациона) в разных странах, которые в противном случае могли бы негативно повлиять на интерпретацию результатов исследований [14].

Третий подход, часто встречающийся при использовании БД ХСПП, включает ограничение доступа к данным на основе определенных критериев, связанных с целями анализа или потребностями в отчетности, такими как режимы питания, желаемые переменные и т. д. Например, при анализе моделей вегетарианского питания из анализа исключаются все продукты, содержащие продукты животного происхождения, тогда как при анализе всего населения такие элементы могут оставаться частью анализа в зависимости от конкретной поставленной цели [15]. Кроме того, некоторые нутриенты могут нуждаться в установлении границ на основе ограничений, например, для подбора продуктов для больных диабетом второго типа [16]. Добавление фильтров, таких как возраст, пол и др., позволяет ограничить перечень потенциально потребляемой продукции [17]. Наконец, установление исходных параметров заблаговременно значительно ограничивает разброс данных, что позволяет лучше сравнивать статистические показатели, используемые в процессе, тем самым повышая достоверность проводимых анализов более точных моделей [18].

Классификация пищевой продукции, в том числе и для использования при систематизации данных химического состава, оценке фактического потребления пищи и других исследованиях, связанных с питанием, представляет собой сложную задачу, а универсальный подход к ней еще не выработан.

Поэтому поиск инструментов и классификационных признаков, позволяющих выстроить систему организации данных в БД ХСПП, представляется крайне актуальным.

**Цель исследования** – провести лексический анализ наименований пищевых продуктов трех категорий для целей классификации и дальнейшего анализа.

**Материалы и методы.** В качестве материала для обработки и анализа была выбрана база результатов исследований качества и безопасности пищевых продуктов, выполненных в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек», реализующийся в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

в 2020 и 2021 годах. Для анализа были отобраны результаты исследований химического состава хлебобулочных изделий, мясных полуфабрикатов и питьевого молока.

Для анализа наименований использовали группу основных методов лингвистического анализа. Токенизация – процесс обработки естественного языка, который включает разбиение необработанного текста на более мелкие фрагменты, называемые токенами. В данной работе в качестве токенов рассматривали отдельные слова. В качестве шумовых использовали слова, внесенные в пакет tidytext, такие как «и», «или», «из», «с» и подобные. Всего массив слов для исключения составлял 159 различных единиц. Стемминг – сокращение слова до его грамматической основы, неизменяемой при склонении. Для стемминга использовали алгоритм Snowball («Снежок») [19]. Анализ N-грамм – анализ последовательностей из N слов. В данной работе рассматривали только биграммы – последовательности из двух слов, при этом варианты перестановки слов местами рассматривались как одна форма.

В данной статье рассматривались результаты кластерного анализа указанных групп продуктов, полученные авторами ранее. Кластеризация проводилась методом K-средних, оптимальное число кластеров определялось на основании 30 показателей, таких как индекс Хьюберта и индекс Фридмана. Показатели для кластеризации выбирали на основании анализа их распределения с максимально возможным включением критически значимых нутриентов. Для целей настоящего анализа в качестве критически значимых нутриентов рассматривали содержание белка, жира, пищевой соли. Для оценки содержания в образцах пищевых продуктов соли использовали данные о количестве содержания в них натрия.

Алгоритм и соответствующие вычисления реализованы на языке R версии 4.2.1 в среде разработки RStudio [20].

**Результаты.** Был проведен анализ наиболее часто встречающихся слов в образцах хлебобулочных изделий. По результатам кластеризации [21] было выделено три группы хлеба с различным содержанием критически значимых нутриентов. Первый кластер (301 образец) характеризовался наименьшим содержанием белка и наибольшим содержанием натрия, второй кластер (194 образца) – наибольшим содержанием жира и средним содержанием натрия, третий кластер (306 образцов) – наибольшим содержанием белка и наименьшим содержанием натрия.

После подобного разделения интерес представляло проведение обратного анализа, то есть было необходимо выделить наименования образцов или их части, которые наиболее часто встречались в соответствующих кластерах (табл. 1). Необходимо отметить, что даже без применения стемминга видны слова, которые по частоте встречаемости позволяли дифференцировать одну группу от другой. Так, практически все образцы, содержащие в себе слово «батон», относились к третьему и частично ко второму кластеру. А практически все образцы хлеба

«Дарницкого» относились к первому кластеру, то есть к группе с высоким содержанием натрия.

После стемминга можно было сделать дополнительные выводы о том, что во втором кластере продуктов чаще встречается указание на муку и ее сорт, в том числе чаще – указание именно на муку первого или высшего сорта (табл. 2). Это может свидетельствовать о том, что данные категории хлеба специально изготавливаются с большим содержанием жира для улучшения органолептических свойств и, как следствие, потенциальным установлением у потребителя связи между сортностью и вкусом.

Для подтверждения полученных выводов также были проанализированы биграммы, входящие в наименования образцов (табл. 3). В данном случае не были исключены стоп-слова для более корректного анализа. Были подтверждены первичные предположения о том, что существует дополнительная возможность для эмпирического отнесения хлеба к одному или другому кластеру из полученных.

Далее был проведен анализ наиболее часто встречающихся слов на этикетках образцов мясных полуфабрикатов и колбасных изделий. По результатам кластеризации [22] было выделено три группы мясных полуфабрикатов с различным содержанием жира и пищевой соли (натрия). В первый кластер (457 образцов) попали образцы

**Таблица 1. Частота встречаемости слов в наименованиях хлеба**

**Table 1. Frequency of occurrence of specific words in the names of bread**

Слово / Word	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
хлеб [bread]	293	81	246
упаковке [packed]	99	78	129
муки [flour]	67	53	127
формовой [tin]	100	12	80
пшеничный [wheat]	64	27	93
пшеничной [wheat]	47	45	86
батон [loaf]	10	107	49
сорта [grade]	37	33	87
нарезанный [sliced]	39	57	45
нарезной [threaded]	8	65	19
изделие [product]	22	21	27
дарницкий [Darnitsky]	58	2	8
ржаной [rye]	36	7	24
высшего [premium]	11	17	35
ржано [rye]	40	7	15
хлебопекарной [for baking bread]	21	13	28
подовый [hearth]	26	8	25
хлебобулочное [bakery]	20	15	20
первого [first]	13	10	31
изделия [product]	19	7	25

*Примечание к табл. 1–9.* В данной работе рассматриваются образцы отечественной пищевой продукции, поэтому перевод слов, стемм и биграмм на английский язык в таблицах является условным.

*Note to Tables 1–9:* Samples of Russian food products are examined in this work. The translation of words, stems and bigrams into English provided in the tables is therefore conditional.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90  
Original Research Article

**Таблица 2. Частота встречаемости стемм в наименованиях хлеба**  
**Table 2. Frequency of occurrence of stems in the names of bread**

Стемма / Stem	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
хлеб [bread]	293	81	246
пшеничн [wheat]	122	75	185
упаковк [packed]	101	80	132
мук [flour]	70	53	127
формов [tin]	105	15	81
нареза [cut]	54	66	60
сорт [grade]	42	38	99
батон [loaf]	12	111	52
ржан [rye]	78	14	40
издел [product]	41	28	52
нарезн [cut]	13	67	19
хлебобулочн [bakery]	24	17	31
высш [premium]	11	17	40
дарницк [Darnitsky]	58	2	8
хлебопекарн [bakery]	23	13	29
подов [hearth]	27	10	27
перв [first]	14	10	33
бел [white]	8	2	31
нов [new]	22	6	13
смес [mixed]	23	3	14

**Таблица 3. Частота встречаемости биграмм в наименованиях хлеба**  
**Table 3. Frequency of occurrence of bigrams in the names of bread**

Биграмма / Bigram	Частота / Frequency		
	Первый кластер / Frst cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
в упаковке [packed]	98	76	122
из пшеничной [from wheat]	19	37	56
пшеничной муки [wheat flour]	24	31	47
хлеб пшеничный [wheat bread]	24	10	66
нарезанный в [cut in]	25	38	34
из муки [from wheat]	18	11	51
формовой в [tin in]	42	2	30
батон нарезной [threaded loaf]	4	55	15
хлеб дарницкий [Darnitsky bread]	56	2	6
высшего сорта [premium grade]	9	16	34
ржано пшеничный [rye & wheat]	36	7	15
первого сорта [first grade]	13	9	30
муки высшего [premium flour]	8	16	27
изделие хлебобулочное [bakery product]	16	15	16
сорта формовой [grade tin]	14	1	31
пшеничный из [wheat from]	9	2	33
пшеничной хлебопекарной [wheat for baking bread]	11	9	23
хлебопекарной муки [bread flour]	13	10	18
из смеси [of a mix]	20	3	14
муки первого [flour of first]	7	6	24

с минимальным содержанием жира и максимальным содержанием натрия, во вторую группу (179 образцов) – со средним содержанием жира и минимальным содержанием натрия, а в третью (288 образцов) – с высоким содержанием натрия и максимальным содержанием жира.

Для третьей группы продуктов характерно то, что среди их наименований встречается довольно большое количество слов с высокой частотой повторения, что требует более детального анализа, для первичного представления были взяты 20 наиболее часто встречающихся слов (табл. 4).

Необходимо отметить, что именно докторская колбаса наиболее часто относилась к первому кластеру. Однако остальные виды мясных полуфабрикатов распределялись равномерно, с учетом размеров соответствующих групп, среди кластеров.

После стемминга (табл. 5) также невозможно было отделить какие-то конкретные наименования, которые характеризовали бы тот или иной кластер.

Также были проанализированы биграмы, входящие в наименования образцов (табл. 6). В данном случае для более корректного анализа стоп-слова не были исключены. Интерес представляло наличие указания на категорию и вид продукта, именно как применяемый термин.

Можно сделать вывод о том, что продукты категории «Б» чаще встречались в первом и в третьем кластере, чем во втором. Обратную ситуацию наблюдали с продуктами из мяса птицы, что соответствует логике, что данные изделия являются менее жирными. Данный вывод также поддерживает то, что практически все образцы докторской колбасы также были отнесены к первому кластеру.

**Таблица 4. Частота встречаемости слов в наименованиях мясных полуфабрикатов**  
**Table 4. Frequency of occurrence of specific words in the names of processed meat products**

Слово / Word	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
колбасное [sausage]	277	96	164
изделие [product]	271	93	168
категории [category]	222	91	161
продукт [product]	222	86	149
вареное [boiled]	227	82	147
мясной [meat]	198	74	141
сосиски [sausages]	147	42	84
сардельки [sausages]	122	63	71
колбаса [sausage]	131	33	52
вареные [boiled]	83	41	49
изделия [products]	85	31	44
колбасные [sausage]	79	31	44
шпикачки [pork sausage]	30	28	70
вареная [boiled]	67	17	35
мясное [meat]	58	20	35
мяса [meat]	70	21	20
охлажденные [chilled]	51	29	29
птицы [poultry]	59	19	17
молочные [milk]	32	14	41
докторская [doctor's]	62	15	8

**Таблица 5. Частота встречаемости стемм в наименованиях мясных полуфабрикатов**  
**Table 5. Frequency of occurrence of stems in the names of processed meat products**

Стемма / Stem	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
варен [boiled]	398	142	239
издел [product]	358	124	213
колбасн [sausage]	356	127	209
мясн [meat]	284	99	192
категор [category]	233	97	168
продукт [product]	223	86	151
сосиск [sausage]	147	42	84
охлажден [chilled]	126	55	88
сардельк [sausage]	122	63	71
колбас [sausage]	135	34	54
шпикачк [pork sausage]	30	28	70
мяс [meat]	73	21	20
молочн [milk]	49	19	45
докторск [doctor's]	70	19	13
птиц [poultry]	59	19	17
сорт [grade]	46	6	22
мясодержа [containing meat]	30	14	14
сочн [juicy]	15	16	15
сливочн [creamy]	20	5	18

**Таблица 6. Частота встречаемости биграмм в наименованиях мясных полуфабрикатов**  
**Table 6. Frequency of occurrence of bigrams in the names of processed meat products**

Биграмма / Bigram	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
колбасное изделие [sausage product]	188	69	114
мясной продукт [meat product]	173	60	129
изделие вареное [boiled product]	135	57	85
категории б [of category b]	106	44	106
продукт категории [product of category]	87	35	67
изделие колбасное [sausage product]	75	23	45
колбасное вареное [boiled sausage]	73	21	43
вареное категории [boiled of category]	49	19	44
из мяса [of meat]	70	21	20
категории в [of category c]	52	24	34
колбаса вареная [boiled sausage]	63	15	30
мяса птицы [poultry]	58	19	17
колбасные изделия [sausage products]	46	14	26
категории а [of category a]	51	17	13

Был проведен анализ наиболее часто встречающихся слов в образцах молока. По результатам кластеризации [23] были получены три группы: первая группа (49 образцов) – молоко с содержанием жира как 3,2, так и 2,5 %, но с содержанием кальция от 500 до 700 мг/кг, вторая группа (129 образцов) – молоко с содержанием жира 3,2 % и содержанием кальция 1050–1200 мг/кг, третья группа (112 образцов) – молоко с содержанием жира 2,5 % и содержанием кальция 1050–1200 мг/кг.

Очевидно, что в названии фигурирует указание жирности молока, поэтому видно разделение по соответствующим кластерам, а также выявлены образцы, которые по результатам фактических измерений не соответствуют заявленному на этикетке (табл. 7).

После стемминга (табл. 8) были получены аналогичные результаты, отсутствовали специфические формы наименований, которые указывали бы на возможность выделить первый кластер среди остальных.

**Таблица 7. Частота встречаемости слов в наименованиях молока питьевого**  
**Table 7. Frequency of occurrence of specific words in the names of milk**

Слово / Word	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
молоко [milk]	45	138	119
питьевое [fluid]	43	125	103
пастеризованное [pasteurized]	27	62	59
2,5	24	5	100
ультрапастеризованное [ultra-pasteurized]	17	56	50
м.д.ж. [weight fraction of fat]	19	55	48
3,2	12	101	5
жира [fat]	19	51	48
массовой [weight]	8	22	32
долей [fraction]	8	21	32
массовая [weight]	11	32	16
доля [fraction]	10	32	16

**Таблица 8. Частота встречаемости стемм в наименованиях молока питьевого**  
**Table 8. Frequency of occurrence of stems in the names of milk**

Стемма / Stem	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
молок [milk]	45	140	121
питьев [fluid]	43	125	105
пастеризова [pasteurized]	27	66	59
2,5	24	5	100
ультрапастеризова [ultra-pasteurized]	17	56	50
м.д.ж. [weight fraction of fat]	19	55	48
дол [fraction]	19	54	48
массов [weight]	19	54	48
3,2	12	101	5
жир [fat]	19	51	48

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90  
Original Research Article

**Таблица 9. Частота встречаемости биграмм в наименованиях молока питьевого**  
**Table 9. Frequency of occurrence of bigrams in the names of milk**

Биграмма / Bigram	Частота / Frequency		
	Первый кластер / First cluster	Второй кластер / Second cluster	Третий кластер / Third cluster
молоко питьевого [fluid milk]	37	118	98
питьевое пастеризованное [potable pasteurized]	24	55	50
питьевое ультрапастеризованное [potable ultra-pasteurized]	16	54	46
массовой долей [weight fraction]	8	21	32
долей жира [fraction of fat]	8	20	32

Также были проанализированы биграмы, входящие в наименования образцов (табл. 9). В данном случае также для более корректного анализа стоп-слова не были исключены. Были подтверждены первичные результаты о том, что отсутствует дополнительная возможность для эмпирического отнесения молока к первому кластеру с меньшим содержанием кальция.

**Обсуждение.** Классификация пищевых продуктов – это процесс их распределения по категориям на основе их сходства. Это важный шаг в разработке соответствующих баз данных, поскольку он позволяет эффективно находить и сравнивать пищевую ценность продуктов между собой. В литературе представлены различные подходы к классификации пищевых продуктов и описаны преимущества и недостатки каждого из них.

Один из подходов к классификации пищевых продуктов (КПП) основан на их составе. Этот подход привлекателен тем, что позволяет сравнивать продукты на основе их нутриентного профиля, выделяя схожие продукты и их виды. Этот подход также может быть полезен при поиске продуктов, отвечающих определенным диетическим требованиям, таким как низкоуглеводные или веганские рационы [24]. Было отмечено, что этот подход может неточно отражать истинный состав пищевого продукта, поскольку некоторые пищевые вещества могут быть не включены в анализ [25].

Подходы на основе лингвистического анализа используют методы обработки естественного языка для определения релевантных ключевых слов, характеризующих блюда, представленные в онлайн-рецептах или меню ресторанов, чтобы классифицировать их в соответствии с местом их происхождения или типами кухни [26]. Эти методы в значительной степени зависят от точности описания блюд, которые могут быть затруднены из-за тонких различий между кухнями даже в пределах одной группы, например итальянской и итало-американской кухни. Кроме того, они не учитывают содержание нутриентов, которое также может помочь отличить конкретные блюда, принадлежащие к определенной кухне, поэтому необходимо провести

дополнительные исследования, прежде чем этот подход станет широко использоваться.

Визуальные особенности, извлеченные из изображений с использованием методов компьютерного зрения, также недавно были исследованы с многообещающими результатами с точки зрения точности и масштабируемости [27]. Преимущество этого подхода заключается в том, что он более понятен, чем текстовые методы, поскольку визуальные характеристики часто теснее связаны с региональной кухней, чем просто слова, например, японские суши по сравнению с американскими суши-роллами. Однако для извлечения визуальных признаков требуются специализированные модели глубокого обучения, построенные на больших наборах данных, что может ограничивать его использование небольшими организациями с меньшим количеством вычислительных ресурсов, чем необходимо для реализации подобных моделей.

Напротив, модели, основанные на паттернах использования ингредиентов, продемонстрировали потенциал в качестве альтернативного метода, способного точно классифицировать различные блюда в разных культурах без необходимости большого объема данных [28]. Анализируя онлайн-рецепты, можно определить частые сочетания ингредиентов, связанные с конкретными типами блюд, а также культурные предпочтения, что позволяет проводить точную классификацию без прямого доступа к наборам данных изображений блюд. Хотя этот метод по-прежнему в значительной степени зависит от ручных процессов описания ингредиентов, он потенциально может обеспечить эффективный способ классификации ранее неизвестных блюд, как только будет предоставлено достаточно обучающих примеров.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что современный потребитель является внимательным, изучающим доступную ему информацию о продукте и интересующимся потенциальным влиянием продукта на состояние своего здоровья.

Таким образом, государственная политика в области здоровьесбережения должна быть направлена на повышение возможности осуществления корректного выбора пищевых продуктов (осознанный выбор для формирования здорового рациона) посредством управления как доступными торговыми наименованиями, которые будут достоверно отражать состав или категорию продукта, так и максимально полным составом его маркировки.

В российском законодательстве требования к наименованиям продуктов установлены в ТР ТС 022<sup>2</sup>, а именно наименование пищевой продукции, указываемое в маркировке, должно позволять относить продукцию к пищевой продукции, достоверно ее характеризовать и позволять отличать ее от другой пищевой продукции. Однако данная формулировка ограничена тем, что наименования должны быть сформулированы в соответствии с действующими техническими регламентами. Таким образом, продукция не обязательно будет иметь

<sup>2</sup> ТР ТС 022/2011 «Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки». Введен в действие решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 881 «О принятии технического регламента Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки»».

наименования, которые могли бы позволить отнести ее к тому или иному виду, предусмотренному национальными или международными стандартами. Это было бы необходимым условием для соотнесения показателей качества и соответствующих наименований продуктов.

При анализе наименований различных групп пищевых продуктов было выявлено наличие взаимосвязи между наличием отдельных слов и словосочетаний и химическим составом этих продуктов. В частности, исследование показало, что данная связь имеется у тех групп продуктов, где наименования являются более описательными, то есть для хлебобулочных изделий и для мясных полуфабрикатов и колбасных изделий. Однако эта связь должна быть доведена до потребителя, так как само по себе включение таких конкретных обозначений, как хлеб «Дарницкий» или колбаса «Докторская», в наименование продукта не ассоциируется с тем или иным уровнем содержания нутриента. Для молока же подобная связь отсутствует, то есть отсутствует какая-либо возможность разделения молока с низким и средним содержанием кальция. Для потребителя это означает невозможность самостоятельной оценки уровня потребляемого кальция, что особенно критично для детей и пожилых людей.

Учитывая, что стандарты на соответствующие группы продуктов являются определяющими в части формирования наименований, данное исследование демонстрирует важность стандартизации как деятельности по косвенному управлению ожиданиями потребителей пищевой продукции. С точки зрения государственной задачи по управлению качеством продуктов, необходимо развивать стандарты вида «общие технические условия» для соответствующих групп продукции. Закрепление сортности не ограничит торговые возможности, но повысит прозрачность выбора для покупателей.

**Заключение.** Данное исследование показало, что для некоторых групп продуктов наименования или их отдельные части могут быть ассоциированы с химическим составом этих продуктов. Данный факт может быть использован в первую очередь для систематизации данных химического состава пищевых продуктов в БД ХСПП, создания классификаций пищевой продукции, дальнейших исследованиях как для оценки восприятия потребителем продукции, так и для составления более корректных моделей потребления, учитывающих специфику наличия выявленных подгрупп в различных регионах. Будущие исследования должны быть сосредоточены на изучении более конкретных аспектов этой взаимосвязи, например региональных особенностей и различных трактовок при переводе наименований импортной продукции. Такие исследования могли бы в итоге дать возможность разработки дополнительной классификации пищевых продуктов для создания достоверной базы данных химического состава пищевых продуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drownowski A, Rehm CD. Consumption of added sugars among US children and adults by food purchase location and food source. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(3):901–907. doi: 10.3945/ajcn.114.089458

2. Thompson FE, Subar AF, Loria CM, Reedy JL, Baranowski T. Need for technological innovation in dietary assessment. *J Am Diet Assoc.* 2010;110(1):48–51. doi: 10.1016/j.jada.2009.10.008
3. Costa TPd, Gillespie J, Pelc K, et al. Life cycle assessment tool for food supply chain environmental evaluation. *Sustainability.* 2023;15(1):718. doi: 10.3390/su15010718
4. Delgado A, Issaoui M, Vieira MC, Saraiva de Carvalho I, Fardet A. Food composition databases: Does it matter to human health? *Nutrients.* 2021;13(8):2816. doi: 10.3390/nu13082816
5. Elmadfa I, Meyer AL. Importance of food composition data to nutrition and public health. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(Suppl 3):S4–S7. doi: 10.1038/ejcn.2010.202
6. Vlontzos G, Pardalos P. Data mining and optimisation issues in the food industry. *Int J Sustain Agric Manag Inform.* 2017;3(1):44–64. doi: 10.1504/IJSAMI.2017.10003796
7. Vonthron S, Perrin C, Soulard CT. Foodscape: A scoping review and a research agenda for food security-related studies. *PLoS One.* 2020;15(5):e0233218. doi: 10.1371/journal.pone.0233218
8. Zhang D, Ouyang S, Cai M, et al. FADB–China: A molecular-level food adulteration database in China based on molecular fingerprints and similarity algorithms prediction expansion. *Food Chem.* 2020;327:127010. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127010
9. Wang Z, Talburt JR, Wu N, Dagtas S, Zozus MN. A rule-based data quality assessment system for electronic health record data. *Appl Clin Inform.* 2020;11(4):622–634. doi: 10.1055/s-0040-1715567
10. Marshall NW, Mackenzie A, Honey ID. Quality control measurements for digital x-ray detectors. *Phys Med Biol.* 2011;56(4):979–999. doi: 10.1088/0031-9155/56/4/007
11. Bietenbeck A, Thaler MA, Luppa PB, Klawonn F. Stronger together: Aggregated Z-values of traditional quality control measurements and patient medians improve detection of biases. *Clin Chem.* 2017;63(8):1377–1387. doi: 10.1373/clinchem.2016.269845
12. Eržen N, Rayner M, Pravst I. A comparative evaluation of the use of a food composition database and nutrition declarations for nutrient profiling. *J Food Nutr Res.* 2015;54(2):93–100. doi: 10.13140/2.1.2096.0000
13. Wang H, Herforth AW, Xi B, Zou Z. Validation of the diet quality questionnaire in Chinese children and adolescents and relationship with pediatric overweight and obesity. *Nutrients.* 2022;14(17):3551. doi: 10.3390/nu14173551
14. Shamim K, Khan SA, Ahmad S. Consumers' understanding of nutrition labels for ultra-processed food products. *J Public Aff.* 2022;22(1):e2398. doi: 10.1002/pa.2398
15. Jones NRV, Forouhi NG, Khaw KT, Wareham NJ, Monsivais P. Accordance to the dietary approaches to stop hypertension diet pattern and cardiovascular disease in a British, population-based cohort. *Eur J Epidemiol.* 2018;33(2):235–244. doi: 10.1007/s10654-017-0354-8
16. Cucuzzella M, Riley K, Isaacs D. Adapting medication for type 2 diabetes to a low carbohydrate diet. *Front Nutr.* 2021;8:688540. doi: 10.3389/fnut.2021.688540
17. Bennett G, Bardon LA, Gibney ER. A comparison of dietary patterns and factors influencing food choice among ethnic groups living in one locality: A systematic review. *Nutrients.* 2022;14(5):941. doi: 10.3390/nu14050941
18. Kirk D, Catal C, Tekinerdogan B. Precision nutrition: A systematic literature review. *Comput Biol Med.* 2021;133:104365. doi: 10.1016/j.compbimed.2021.104365
19. Bounabi M, El Moutaouakil K, Satori K. A comparison of text classification methods using different stemming techniques. *Int J Comput Appl Technol.* 2019;60(4):298–306. doi: 10.1504/IJCAT.2019.101171

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-82-90>  
Original Research Article

20. Silge J, Robinson D. tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R. *JOSS*. 2016;1(3):37. doi: 10.21105/joss.00037
21. Щербаков Г.Д., Бессонов В.В. Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение второе // Здоровье населения и среда обитания. 2023;31(1):53-59. <https://doi.org/10.35627/10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59>
22. Щербаков Г.Д. Применение метода Монте-Карло для моделирования поступления различных нутриентов на примере мясных полуфабрикатов Основы здорового питания и пути профилактики алиментарно-зависимых заболеваний : Материалы V Школы молодых ученых с международным участием, Москва, 09–11 ноября 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 2022. С. 121-122.
23. Щербаков Г.Д., Бессонов Г.В. Алгоритм обработки и анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава молока // Здоровье населения и среда обитания. 2022;(8):64-72. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-8-64-72>
23. Щербаков Г.Д., Бессонов Г.В. Алгоритм обработки и анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава молока // Здоровье населения и среда обитания. 2022;(8):64-72. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-8-64-72>
24. Akbay A, Elhan A, Ozcan C, Demirtaş S. Hierarchical cluster analysis as an approach for systematic grouping of diet constituents on basis of fatty acid, energy and cholesterol content: Application on consumable lamb products. *Med Hypotheses*. 2000;55(2):147-154. doi: 10.1054/mehy.1999.1038
25. Orteni F, Kolby M, Lawrence M, et al. Limitations of the food compass nutrient profiling system. *J Nutr*. 2023;153(3):610-614. doi: 10.1016/j.tjn.2023.01.027
26. Kicherer H, Dittrich M, Grebe L, Scheible C, Klinger R. What you use, not what you do: Automatic classification and similarity detection of recipes. *DKE*. 2018;117:252-263. doi: 10.1016/j.data.2018.04.004
27. Subhi MA, Ali SH, Mohammed MA. Vision-based approaches for automatic food recognition and dietary assessment: A survey. *IEEE Access*. 2019;7:35370-35381. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2904519
28. He H, Kong F, Tan J. DietCam: Multiview food recognition using a multikernel SVM. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2016;20(3):848-855. doi: 10.1109/JBHI.2015.2419251
6. Vlonzos G, Pardalos P. Data mining and optimisation issues in the food industry. *Int J Sustain Agric Manag Inform*. 2017;3(1):44-64. doi: 10.1504/IJSAMI.2017.10003796
7. Vonthron S, Perrin C, Soulard CT. Foodscape: A scoping review and a research agenda for food security-related studies. *PLoS One*. 2020;15(5):e0233218. doi: 10.1371/journal.pone.0233218
8. Zhang D, Ouyang S, Cai M, et al. FADB–China: A molecular-level food adulteration database in China based on molecular fingerprints and similarity algorithms prediction expansion. *Food Chem*. 2020;327:127010. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127010
9. Wang Z, Talburt JR, Wu N, Dagtas S, Zozus MN. A rule-based data quality assessment system for electronic health record data. *Appl Clin Inform*. 2020;11(4):622-634. doi: 10.1055/s-0040-1715567
10. Marshall NW, Mackenzie A, Honey ID. Quality control measurements for digital x-ray detectors. *Phys Med Biol*. 2011;56(4):979-999. doi: 10.1088/0031-9155/56/4/007
11. Bietenbeck A, Thaler MA, Luppia PB, Klawonn F. Stronger together: Aggregated Z-values of traditional quality control measurements and patient medians improve detection of biases. *Clin Chem*. 2017;63(8):1377-1387. doi: 10.1373/clinchem.2016.269845
12. Eržen N, Rayner M, Pravst I. A comparative evaluation of the use of a food composition database and nutrition declarations for nutrient profiling. *J Food Nutr Res*. 2015;54(2):93-100. doi: 10.13140/2.1.2096.0000
13. Wang H, Herforth AW, Xi B, Zou Z. Validation of the diet quality questionnaire in Chinese children and adolescents and relationship with pediatric overweight and obesity. *Nutrients*. 2022;14(17):3551. doi: 10.3390/nu14173551
14. Shamim K, Khan SA, Ahmad S. Consumers' understanding of nutrition labels for ultra-processed food products. *J Public Aff*. 2022;22(1):e2398. doi: 10.1002/pa.2398
15. Jones NRV, Forouhi NG, Khaw KT, Wareham NJ, Monsivais P. Accordance to the dietary approaches to stop hypertension diet pattern and cardiovascular disease in a British, population-based cohort. *Eur J Epidemiol*. 2018;33(2):235-244. doi: 10.1007/s10654-017-0354-8
16. Cucuzzella M, Riley K, Isaacs D. Adapting medication for type 2 diabetes to a low carbohydrate diet. *Front Nutr*. 2021;8:688540. doi: 10.3389/fnut.2021.688540
17. Bennett G, Bardon LA, Gibney ER. A comparison of dietary patterns and factors influencing food choice among ethnic groups living in one locality: A systematic review. *Nutrients*. 2022;14(5):941. doi: 10.3390/nu14050941
18. Kirk D, Catal C, Tekinerdogan B. Precision nutrition: A systematic literature review. *Comput Biol Med*. 2021;133:104365. doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104365
19. Bounabi M, El Moutaouakil K, Satori K. A comparison of text classification methods using different stemming techniques. *Int J Comput Appl Technol*. 2019;60(4):298-306. doi: 10.1504/IJCAT.2019.101171
20. Silge J, Robinson D. tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R. *JOSS*. 2016;1(3):37. doi: 10.21105/joss.00037
21. Shcherbakov GD, Bessonov VV. Approaches to the algorithm of analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient content of bakery products: Part 2. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(1):53-59. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-53-59
22. Shcherbakov GD. [Application of the Monte Carlo method for modeling the intake of various nutrients on the example of semi-finished meat products.] In: *Fundamentals of a Healthy Diet and Ways to Prevent Diet-Related Diseases: Proceedings of the Fifth School of Young Scientists with International Participation*,

## REFERENCES

1. Drewnowski A, Rehm CD. Consumption of added sugars among US children and adults by food purchase location and food source. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(3):901-907. doi: 10.3945/ajcn.114.089458
2. Thompson FE, Subar AF, Loria CM, Reedy JL, Baranowski T. Need for technological innovation in dietary assessment. *J Am Diet Assoc*. 2010;110(1):48-51. doi: 10.1016/j.jada.2009.10.008
3. Costa TPd, Gillespie J, Pelc K, et al. Life cycle assessment tool for food supply chain environmental evaluation. *Sustainability*. 2023;15(1):718. doi: 10.3390/su15010718
4. Delgado A, Issaoui M, Vieira MC, Saraiva de Carvalho I, Fardet A. Food composition databases: Does it matter to human health? *Nutrients*. 2021;13(8):2816. doi: 10.3390/nu13082816
5. Elmadfa I, Meyer AL. Importance of food composition data to nutrition and public health. *Eur J Clin Nutr*. 2010;64(Suppl 3):S4-S7. doi: 10.1038/ejcn.2010.202

- Moscow, November 9–11, 2022. Moscow: Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2022:121–122. (In Russ.)
23. Shcherbakov GD, Bessonov VV. Algorithm for analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient composition of milk. *Zdorov'ye Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(8):64–72. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-64-72
  24. Akbay A, Elhan A, Ozcan C, Demirtaş S. Hierarchical cluster analysis as an approach for systematic grouping of diet constituents on basis of fatty acid, energy and cholesterol content: Application on consumable lamb products. *Med Hypotheses*. 2000;55(2):147–154. doi: 10.1054/mehy.1999.1038
  25. Ortenzi F, Kolby M, Lawrence M, et al. Limitations of the food compass nutrient profiling system. *J Nutr*. 2023;153(3):610–614. doi: 10.1016/j.tjnut.2023.01.027
  26. Kicherer H, Dittrich M, Grebe L, Scheible C, Klinger R. What you use, not what you do: Automatic classification and similarity detection of recipes. *DKE*. 2018;117:252–263. doi: 10.1016/j.datak.2018.04.004
  27. Subhi MA, Ali SH, Mohammed MA. Vision-based approaches for automatic food recognition and dietary assessment: A survey. *IEEE Access*. 2019;7:35370–35381. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2904519
  28. He H, Kong F, Tan J. DietCam: Multiview food recognition using a multikernel SVM. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2016;20(3):848–855. doi: 10.1109/JBHI.2015.2419251

**Сведения об авторах:**

✉ **Щербаков** Григорий Дмитриевич – ведущий инженер лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>.

**Бессонов** Владимир Владимирович – д.б.н., заведующий лабораторией химии пищевых продуктов; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>.

**Шахвалиева** Элина Саид-Аминовна – лаборант-исследователь лаборатории демографии и эпидемиологии питания; e-mail: shelina9558@gmail.com.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Бессонов В.В., Щербаков В.В.*; сбор данных: *Щербаков В.В.*; обработка материала и анализ полученных данных: *Щербаков В.В., Шахвалиева Э.С.-А.*; обзор литературы, подготовка рукописи: *Щербаков В.В., Шахвалиева Э.С.-А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

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

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

Статья получена: 15.08.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

**Author information:**

✉ Grigory D. **Shcherbakov**, Leading Engineer, Laboratory of Demography and Nutritional Epidemiology; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>

Vladimir V. **Bessonov**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Food Chemistry; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>.

Elina S.-A. **Shakhvaliyeva**, Research Assistant, Laboratory of Demography and Nutritional Epidemiology; e-mail: shelina9558@gmail.com.

**Author contributions:** study conception and design: *Bessonov V.V., Shcherbakov V.V.*; data collection: *Shcherbakov V.V.*; analysis and interpretation of results, literature review, draft manuscript preparation: *Shcherbakov V.V., Shakhvaliyeva E.S.-A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** The research was carried out within implementation of the agreement with the Russian Science Foundation No. 23-16-00242 “Development of a software and analytical complex with a web interface for processing, storing, analyzing, and verifying data on the chemical composition of food products”.

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

Received: August 15, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 29, 2023



## Гигиенические и морфологические аспекты применения водного раствора молекулярного водорода в экспериментальной модели поллиноза

А.А. Красникова<sup>1</sup>, Н.Ю. Самодурова<sup>1</sup>, В.В. Шишкина<sup>2</sup>, О.А. Герасимова<sup>2</sup>,  
Т.В. Самойленко<sup>2</sup>, Д.И. Есауленко<sup>2</sup>, Е.С. Горюшкина<sup>2</sup>, Л.Н. Антакова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

<sup>2</sup> НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Московский пр., д. 185а, г. Воронеж, 394066, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Организм человека в процессе взаимодействия с окружающей средой подвергается воздействию многочисленных факторов химической и биологической природы. Аллергические реакции, развивающиеся в условиях подобных взаимодействий, имеют всё большую распространенность, взаимодействующие вещества усиливают действие друг друга и усугубляют проявления аллергии. Регистрация повышенного количества пыльцы растений в результате постепенного увеличения температуры воздуха приводит к неутешительным прогнозам распространения аллергического ринита (поллиноза). Оценка данных социально-гигиенического мониторинга в разделах качества питьевой воды и пищевых продуктов показала значимость таких загрязнителей как нитраты и нитриты. Взаимодействие пыльцевых и нитратных агентов не было изучено и представляет интерес с точки зрения возможных эффектов их комбинированного воздействия.

**Цель исследования:** оценка морфологических изменений количественного состава тучных клеток при применении водного раствора молекулярного водорода в экспериментальной модели поллиноза, обогащенной воздействием химических агентов.

**Материалы и методы.** Для экспериментального моделирования аллергического ринита были выбраны самцы крыс линии Wistar. Воздействие пыльцевых и химических агентов осуществлялось в течение 55 дней на 34 группы по 6 животных в каждой. Для оценки морфологических изменений в тканях слизистой полости носа были применены окрашивание раствором Гимза и комбинированная методика окрашивания (патент № 2781558 от 13.10.2022 г.). Ограничения исследования: не были включены группы сравнения способов введения водного раствора, обогащенного молекулярным водородом, по отношению к физиологическому раствору.

**Результаты.** Морфологическая оценка микропрепаратов, полученных от экспериментальных животных, выявила количественные и качественные изменения в группах изолированного и комбинированного воздействия пыльцевых и химических агентов, а также подтвердила лечебное и профилактическое действие водного раствора, обогащенного молекулярным водородом.

**Заключение.** Комбинированное воздействие аллергенов пыльцы и нитратов/нитритов приводит к значительной активации тучных клеток в сравнении с группой контроля и группами изолированного воздействия веществ. Лечебные и профилактические эффекты молекулярного водорода приводят к снижению количества дегранулирующих форм тучных клеток.

**Ключевые слова:** экстракт аллергена пыльцы, поллиноз, химический агент, тучные клетки, молекулярный водород.

**Для цитирования:** Красникова А.А., Самодурова Н.Ю., Шишкина В.В., Герасимова О.А., Самойленко Т.В., Есауленко Д.И., Горюшкина Е.С., Антакова Л.Н. Гигиенические и морфологические аспекты применения водного раствора молекулярного водорода в экспериментальной модели поллиноза // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 91–98. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-91-98

## Hygienic and Morphological Aspects of Using the Aqueous Solution of Molecular Hydrogen in an Experimental Model of Hay Fever

Alina A. Krasnikova,<sup>1</sup> Natalya Yu. Samodurova,<sup>1</sup> Viktoria V. Shishkina,<sup>2</sup> Olga A. Gerasimova,<sup>2</sup>  
Tatiana V. Samoilenko,<sup>2</sup> Dmitry I. Esaulenko,<sup>2</sup> Yelena S. Goryushkina,<sup>2</sup> Lyubov N. Antakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,  
10 Studencheskaya Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

<sup>2</sup> Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University  
named after N.N. Burdenko, 185a Moskovsky Avenue, Voronezh, 394066, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The human body is exposed to numerous chemical and biological environmental factors. Post-exposure allergic reactions are becoming increasingly common. Interacting substances enhance each other's health effects and aggravate allergy symptoms. Registration of a high pollen count resulting from a gradual increase in ambient temperatures leads to disappointing forecasts of a high prevalence of allergic rhinitis (hay fever). Evaluation of public health monitoring data on drinking water and food quality has revealed the significance of such pollutants as nitrates and nitrites. The interaction between pollen and nitrates has not been studied although it is of interest in terms of potential health effects of combined exposures.

**Objectives:** To evaluate morphological changes in the quantitative composition of mast cells using an aqueous solution of molecular hydrogen in an experimental model of hay fever aggravated by exposure to chemical agents.

**Methods:** Male Wistar rats were selected for experimental modeling of allergic rhinitis and 34 groups of six animals each were exposed to pollen and chemical agents during 55 days. To assess morphological changes in the nasal respiratory

mucosa, we stained tissues with Giemsa solution and also applied a combined staining technique (Patent No. 2781558 dated October 13, 2022).

**Study limitations:** Groups for comparison of methods of administration of the aqueous solution of molecular hydrogen against the saline solution were not included.

**Results:** The cell morphology analysis revealed quantitative and qualitative changes in the animal groups with single and combined exposure to pollen and chemical agents and confirmed the therapeutic and prophylactic effect of the aqueous solution enriched with molecular hydrogen.

**Conclusion:** The combined exposure to pollen allergens and nitrates and/or nitrites induces significant mast cell activation compared to control and single exposure groups. Therapeutic and preventive effects of molecular hydrogen down-regulate mast cell degranulation.

**Keywords:** pollen allergen extract, hay fever, chemical agent, mast cells, molecular hydrogen.

**For citation:** Krasnikova AA, Samodurova NYu, Shishkina VV, Gerasimova OA, Samoilenko TV, Esaulenko DI, Goryushkina YeS, Antakova LN. Hygienic and morphological aspects of using the aqueous solution of molecular hydrogen in an experimental model of hay fever. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):91–98. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-91-98

**Введение.** Пандемия аллергических заболеваний считается расплатой человечества за стремительный цивилизационный прогресс [1]. Множественные факторы урбанизации лимитируют адаптационные возможности организма человека, делая его подверженным воздействию аллергических агентов. Аллергический ринит от пыльцы растений занимает лидирующее место в структуре аллергопатологии. Заболевание вносит изменения в повседневную рабочую, учебную, бытовую деятельность [2–4]. Прямые и косвенные затраты здравоохранения на лечение аллергического ринита характеризуются ростом год от года [5–7].

Барьерные ткани организма содержат мощный пул клеток, защищающих организм от воздействия различных пылевых и химических агентов (ХА), одни из которых – тучные клетки (ТК) [8–9]. Аккумулируя огромное количество химических агентов, окружающая среда через различные объекты жизнедеятельности человека способствует поступлению их в организм.

На территории Воронежской области заболеваемость поллинозами выше среди детского и подросткового населения. К территориям с высоким риском заболеваемости отнесены 8 районов [10].

Воздействие аллергенных компонентов вызывает активацию многочисленных воспалительных элементов и влечет за собой дисфункцию эпителиальных клеток, вследствие чего выделяются активные формы кислорода (АФК), эффекты которых усугубляются от воздействия ХА [11–12].

В качестве маркера оценки воздействия поллютантов на слизистую носа животных в эксперименте нами были выбраны тучные клетки (ТК). ТК обнаруживаются практически во всех органах человека, особенно велико их количество в местах, контактирующих с окружающей средой [13]. ТК являются дирижерами состояния специфического тканевого микроокружения [14]. Во время дегрануляции ТК происходит высвобождение медиаторов, которые несомненно играют важную роль в патогенезе развития реакции гиперчувствительности [15]. Поиск новых эффективных методов влияния на функциональную активность ТК как с терапевтическим, так и профилактическим эффектами представляют особый интерес. В частности, известные биологические эффекты молекулярного водорода ( $H_2$ ) позволяют рассматривать водород в качестве эффективного молекулярного агента [16–17].

**Цель исследования:** морфологическая оценка количественного состава ТК при изолированном и комбинированном воздействии пылевых и химических агентов, а также морфологическое обоснование применения водного раствора, обогащенного молекулярным водородом для вторичной профилактики поллиноза.

**Материалы и методы.** Экспериментальное моделирование поллиноза с последующим воздействием ХА и водного раствора (ВР)  $H_2$  проводилось на базе НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. В эксперименте продолжительностью 55 дней приняли участие 204 половозрелых самца крыс (34 группы,  $n = 6$ ) линии Wistar массой ( $200 \pm 10$ ) грамм. Период исследования с 18.05.2022 по 11.07.2022. После поступления животных из питомника в НИИ ЭБМ в течение 7 дней происходила их адаптация к условиям содержания.

Экстракты аллергенов (ЭА) березы повислой и амброзии поллюнолистной были выбраны, как наиболее распространенные пылевые аллергены Воронежской области [18–19]. Применялись медицинские иммунобиологические препараты производства АО «НПО «Микроген», Россия, концентрация 10 000 PNU.

В эксперименте применялось изолированное, а также комбинированное воздействие пылевых и ХА. Согласно проведенным экспериментальным исследованиям, моделирование аллергического ринита осуществлялось в два этапа [20–24]. Проведена базовая и интраназальная стимуляция растворами ЭА.

Введение растворов ЭА пыльцы представлено в таблице.

В качестве ХА были использованы нитрат и нитрит натрия производства ООО «Предприятие «РОД»» и АО «База № 1 химреактивов», Россия. Нитратное загрязнение питьевой воды и пищевых продуктов на территории Воронежской области, по данным социально-гигиенического мониторинга, является актуальной проблемой [25–26]. ХА были разведены в физиологическом растворе NaCl до 2 мл для внутрижелудочного введения. Расчет дозы ХА, вводимой экспериментальным животным, определялся на основании публикаций с аналогичными исследованиями [27–29]. По итогам предварительного химического воздействия была определена необходимая экспериментальная доза,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-91-98>  
Original Research Article

приводящая к регистрации метгемоглобина в крови, –  $34 \pm 1,65$  мг  $\text{NaNO}_3$  и  $1,2 \pm 0,12$  мг  $\text{NaNO}_2$ . За действующим веществом следовал период воздействия ВР  $\text{H}_2$ , который готовили с использованием картриджа aquela 8.0 (производитель Aquelablue).

Введение ВР  $\text{H}_2$  осуществлялось в группах животных № 2, 5 интраназально, в группах № 8, 11, 33 внутрижелудочно, в группах № 14, 17, 20, 23, 26, 29 интраназально и внутрижелудочно (таблица). Для доказательства положительного профилактического эффекта ВР  $\text{H}_2$ , в эксперименте были выделены группы, в которых после основных блоков введения пылевых и химических агентов следовал период без воздействия. В экспериментальных группах, где производилось ВР  $\text{H}_2$ , и в группах с периодом без воздействия после периода интраназальной стимуляции ЭА проводилась поддерживающая сенсibilизация. В группе контроля (ГК) № 31 осуществлялось интраназальное воздействие физиологического раствора (таблица).

После завершения экспериментального воздействия на следующие сутки животные подвергались передозировке ингаляционным наркозом (Изофлуран). Вывод был осуществлен на 15-й день эксперимента в группах № 7, 10, 32, на 28-й день в группах № 1, 4, на 29-й день в группах № 8, 9, 11, 12, 33, 34, на 42-й день в группах № 2, 3, 5, 6, 13, 16, 19, 22, 25, на 55-й день в группах № 14, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 29–31. Для морфологического исследования производился забор участка слизистой оболочки. Подготовленные срезы окрашивали гематоксили-

ном и эозином, идентификация ТК осуществлялась окрашиванием раствором Гимза. Оценивали общее количество ТК, дегрануляцию, межклеточное взаимодействие и наличие свободнолежащих гранул.

Для функциональной характеристики ТК был использован запатентованный способ окрашивания триптаза-позитивных тучных клеток с докрасиванием раствором Май – Грюнвальда<sup>1</sup>. Морфометрический анализ проводился на микроскопе ZEISS Axiolmager. A2. Использовалась программа Statistica 12.0. Для оценки достоверности различий использован параметрический критерий Стьюдента для независимых числовых выборок.

**Результаты.** Выявлено, что в процессе базовой стимуляции в течение первых 14 дней у животных экспериментальных групп симптомы не наблюдались. После начала интраназального введения ЭА пыльцы у животных всех групп отмечались симптомы аллергического ринита до 30–37 дня эксперимента.

ТК слизистой оболочки ГК характерно располагались периваскулярно и вокруг клеток жировой ткани, преимущественно либо без признаков дегрануляции, либо слабой выраженности. При воздействии ЭА и ХА происходила активная миграция ТК в локусы воздействия и увеличение численности клеточной популяции с признаками их активации и высвобождения медиаторов (рис. 2). Оценка микропрепаратов, окрашенных раствором Гимза, показала достоверное увеличение количества ТК с метапрамазией до 3 раз во всех исследуемых группах по отношению к ГК ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

**Таблица. Алгоритм экспериментального воздействия**

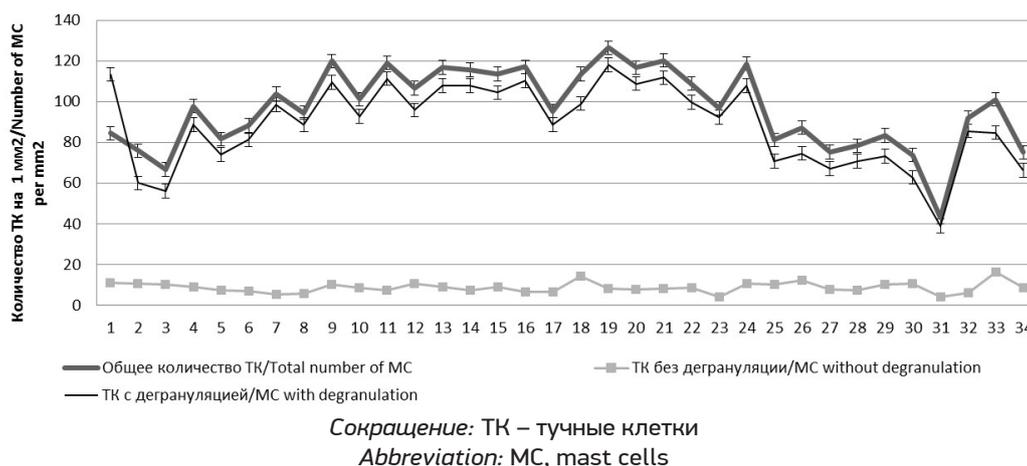
**Table 2. Algorithm of experimental exposures**

Группа / Group	Используемые пылевые и химические агенты / Pollen and chemical agents tested	Группа / Group	Используемые пылевые и химические агенты / Pollen and chemical agents tested
1	АПБ / ВРА	18	АПБ + $\text{NaNO}_2$ + ПБВ / ВРА + $\text{NaNO}_2$ + NEP
2	АПБ + ВВ / ВРА + МН	19	АПБ + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$
3	АПБ + ПБВ / ВРА + NEP	20	АПБ + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ВВ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + МН
4	АПА / RPA	21	АПБ + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ПБВ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + NEP
5	АПА + ВВ / RPA + МН	22	АПА + $\text{NaNO}_3$ / RPA + $\text{NaNO}_3$
6	АПА + ПБВ / RPA + NEP	23	АПА + $\text{NaNO}_3$ + ВВ / RPA + $\text{NaNO}_3$ + МН
7	$\text{NaNO}_3$	24	АПА + $\text{NaNO}_3$ + ПБВ / RPA + $\text{NaNO}_3$ + NEP
8	$\text{NaNO}_3$ + ВВ / $\text{NaNO}_3$ + МН	25	АПА + $\text{NaNO}_2$ / RPA + $\text{NaNO}_2$
9	$\text{NaNO}_3$ + ПБВ / $\text{NaNO}_3$ + NEP	26	АПА + $\text{NaNO}_2$ + ВВ / RPA + $\text{NaNO}_2$ + МН
10	$\text{NaNO}_2$	27	АПА + $\text{NaNO}_2$ + ПБВ / RPA + $\text{NaNO}_2$ + NEP
11	$\text{NaNO}_2$ + ВВ / $\text{NaNO}_2$ + МН	28	АПА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ / RPA + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$
12	$\text{NaNO}_2$ + ПБВ / $\text{NaNO}_2$ + NEP	29	АПА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ВВ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + МН
13	АПБ + $\text{NaNO}_3$ / ВРА + $\text{NaNO}_3$	30	АПА + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ПБВ / RPA + $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + NEP
14	АПБ + $\text{NaNO}_3$ + ВВ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + МН	31(к)	ФР / SS
15	АПБ + $\text{NaNO}_3$ + ПБВ / ВРА + $\text{NaNO}_3$ + NEP	32	$\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$
16	АПБ + $\text{NaNO}_2$ / ВРА + $\text{NaNO}_2$	33	$\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ВВ / $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + МН
17	АПБ + $\text{NaNO}_2$ + ВВ / ВРА + $\text{NaNO}_2$ + МН	34	$\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + ПБВ / $\text{NaNO}_3$ + $\text{NaNO}_2$ + NEP

**Примечание:** АПБ – Экстракт аллергена пыльцы березы; АПА – Экстракт аллергена пыльцы амброзии;  $\text{NaNO}_3$  – Водный раствор нитрата натрия;  $\text{NaNO}_2$  – Водный раствор нитрита натрия;  $\text{NaNO}_3$  +  $\text{NaNO}_2$  – Водный раствор нитрата и нитрита натрия; ВВ – Водный раствор молекулярного водорода; ПБВ – Период без воздействия; ФР – Физиологический раствор.

**Notes:** ВРА, birch pollen allergen extract; RPA, ragweed pollen allergen extract;  $\text{NaNO}_3$ , aqueous solution of sodium nitrate;  $\text{NaNO}_2$ , aqueous solution of sodium nitrite;  $\text{NaNO}_3$  +  $\text{NaNO}_2$ , aqueous solution of sodium nitrate and sodium nitrite; МН, aqueous molecular hydrogen solution; NEP, null exposure period; SS, saline solution.

<sup>1</sup> Атякин Д.А., Шишкина В.В., Будневский А.В. и др. Способ окрашивания триптаза-позитивных тучных клеток в микропрепаратах тканей с докрасиванием раствором Май-Грюнвальда. Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ, рег. № 2781558 от 13.10.2022. М.: Роспатент, 2022. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2781558C1/ru>. Ссылка активна на 04.08.2023.



**Рис. 1.** Анализ представительства ТК в слизистой оболочке носовой полости по экспериментальным группам  
**Fig. 1.** Analysis of mast cell representation in the nasal mucosa by experimental groups

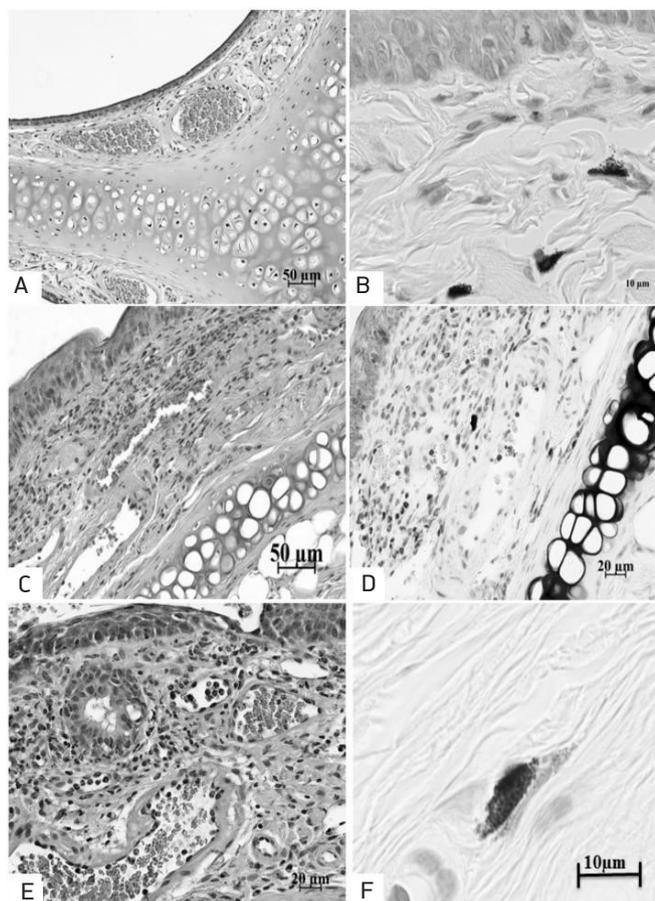
В группе воздействия ХА количество ТК также достоверно превышало значения ГК ( $p < 0,05$ ) (рис. 1), однако выявить характерные особенности при данном окрашивании не удалось.

В связи с этим особый интерес представляла комбинированная оценка секрета, позволившую визуализировать метакроматично окрашенные и триптаза-позитивные ТК в одном микропрепарате (рис. 3). Наполненность метакроматичных ТК триптаза-позитивными гранулами на 1/3 и 2/3 отмечена при воздействии ЭА пыльцы березы и амброзии, по сравнению с ГК (рис. 3). Отмечалась активизация секреции и высвобождения триптазы ТК с заполне-

нием гранул триптазой на 1/3, 2/3 и 3/3 цитоплазмы в группе с комбинированным воздействием, особенно, в группах с комбинацией введения ЭА амброзии и ХА (↑протеазы в 2,9 раза) (рис. 2, 3).

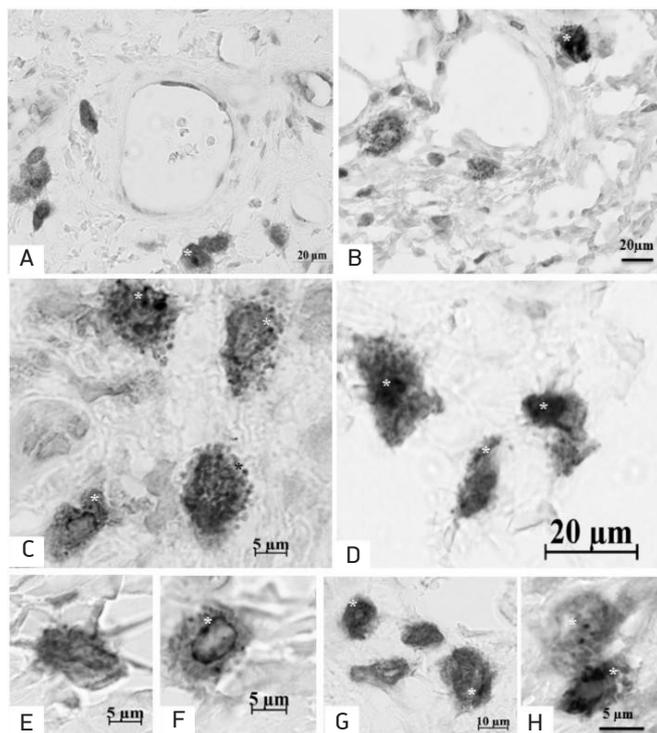
Воздействие ВР Н<sub>2</sub>, приводило к снижению степени дегрануляции ТК, снижению активации ТК и уменьшению их количества на 5–30 % в группах с различными комбинациями ЭА и ХА ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

**Обсуждение.** Изолированное воздействие пыльцевых ЭА в эксперименте приводило к развитию признаков аллергического процесса с классическими клиническими симптомами.



**Рис. 2.** Слизистая оболочка полости носа крыс линии Wistar в условиях физиологической нормы (А, В), воздействия ЭА (С, D) и комбинированного воздействия ЭА и ХА (Е, F). А – собственная пластинка слизистой оболочки; В – мукозная популяция ТК с признаками умеренной и выраженной дегрануляционной активности; С – проявление реакции на воздействие ЭА пыльцы березы; D – рекрутированные нейтрофилы и эозинофилы амплифицируют и поддерживают воспалительный фон; Е – краевое стояние гранулоцитов, инфильтрация стромы гранулоцитарными и лимфоцитарными клеточными представителями в ответ на воздействие ЭА пыльцы березы и нитрата натрия; F – ТК (базофильное окрашивание) в солокализации с эозинофилом (розовый цвет гранул). Методика окрашивания гематоксилином и эозином (А, С, Е) и раствором Гимзы (В, D, F). Масштабный отрезок А, С – 50 мкм, D, Е – 20 мкм и В, F – 10 мкм

**Fig. 2.** The nasal mucosa of Wistar rats under conditions of physiological norm (A, B), exposure to allergen extracts (C, D), and combined exposure to allergens and chemical pollutants (E, F). Image A shows the lamina propria of the mucous membrane; B – mucosal population of mast cells with signs of moderate and severe degranulation activity; C – manifestation of the reaction to allergen exposure; D – recruited neutrophils and eosinophils amplify and maintain the inflammatory background; E – marginal standing of granulocytes, infiltration of the stroma by granulocytic and lymphocytic cellular representatives in response to exposure to the birch pollen allergen extract and sodium nitrate; E – mast cells (basophilic staining) co-localized with eosinophil (pink color of granules). Method of staining with hematoxylin and eosin (A, C, E) and Giemsa solution (B, D, F). Scale bar A, C – 50 μm; D, E – 20 μm; and B, F, 10 μm



**Рис. 3.** Тучные клетки с метахромазией и триптазой слизистой оболочки носовой полости. А, Е – ТК ГК с преимущественным содержанием компонентов секретора, обеспечивающих метахромазию; В – метахроматичные ТК с триптаза-позитивными гранулами группы с воздействием аллергена амброзии; С, D, F, H – различное содержание триптазы ТК при комбинированном воздействии ЭА пыльцы амброзии и химических загрязнителей (1/3 – С, F, 2/3 – D, 3/3 – С, H); G – ТК без признаков дегрануляции и с низким уровнем триптазы в группе комбинированного воздействия пылевых и химических агентов (коричневое окрашивание триптазы отмечено звездочкой). Масштабный отрезок: А, В, D – 20 мкм, G – 10 мкм, остальные – 5 мкм

**Fig. 3.** Mast cells with metachromasia and tryptase in the nasal mucosa. А, Е – MC of the CG with a predominant content of secretory components providing metachromasia; В – metachromatic MCs with tryptase-positive granules of the group with exposure to the ragweed allergen; С, D, F, H – different content of TK tryptase under combined exposure to ragweed pollen allergens and chemical pollutants (1/3 – С, F, 2/3 – D, 3/3 – С, H); G – TC without signs of degranulation and with a low level of tryptase in the group of combined exposure to digital and chemical agents (brown staining of tryptase is marked with an asterisk). Scale bar: А, В, D – 20 μm, G – 10 μm, the rest – 5 μm

В настоящее время имеются многочисленные экспериментальные данные, демонстрирующие важную роль АФК в регуляции дегрануляции ТК на *in vitro* и *in vivo* моделях. АФК могут стимулировать выработку многих провоспалительных медиаторов ТК, например триптазы [24]. Использование  $H_2$  в качестве вещества с антиоксидантными свойствами обеспечивает снижение активности дегрануляции ТК и, как следствие, снижение АФК. Данные эффекты  $H_2$  проявлялись во всех группах воздействия как с одинарным интраназальным или внутрижелудочным введением, так и при комбинации двух методов

введения ВР  $H_2$ . ТК тесно вовлечены в развитие биологических эффектов  $H_2$  и могут оказывать влияние на развитие его противоаллергических, противовоспалительных, антиапоптотических, иммуномодулирующих, вазотропных эффектов и эффектов ремоделирования внеклеточного матрикса [24].

**Заключение.** Отмечен возможный профилактический эффект ВР  $H_2$ , на течение аллергического процесса, отягощенного введением ХА, вне зависимости от способа его введения. Применение ВР  $H_2$ , способствовало достоверному ( $p < 0,05$ ) уменьшению численности метахроматичных и триптаза-позитивных ТК, снижению их дегрануляции, что может свидетельствовать о стабилизирующем влиянии  $H_2$  на процесс активации ТК. Интраназальное введение ВР  $H_2$  было достаточным для локального развития эффекта снижения реактивности тканей на воздействие ЭА.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- García-García C, Kim M, Baik I. Associations of dietary vitamin A and C intake with asthma, allergic rhinitis, and allergic respiratory diseases. *Nutr Res Pract.* 2023;17(5):997-1006. doi: 10.4162/nrp.2023.17.5.997
- Овчинников А.Ю., Мирошниченко Н.А., Симсова В.А. Эбастин в лечении больных аллергическим ринитом // Медицинский совет. 2019. № 12. С. 58–62. doi: 10.21518/2079-701X-2019-12-58-62
- Павлюченко И.И., Клименко Я.В., Федотова Н.В., Коков Е.А., Кокова Л.Н., Сторожук А.П., Цымбалов О.В. Аэропаллинологический мониторинг состояния окружающей среды в отдельно взятом регионе как фактор профилактики поллиноза // Инновационная медицина Кубани. 2023. № 3. С. 62–70. doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-62-70
- Абатуров А.Е., Кривуша Е.Л., Бабич В.Л. Антигистаминные препараты при лечении аллергического ринита у детей // Здоровье ребенка. 2018. Т. 13. № 1. С. 68–79 doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127068
- Омушева С.Э. Современная диагностика и лечение аллергического ринита у детей в Киргизской Республике // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 1. С. 129–137. doi: 10/33619/2414-2948/50/14
- Bergmann KC, Brehler R, Endler C, et al. Impact of climate change on allergic diseases in Germany. *J Health Monit.* 2023;8(Suppl 4):76-102. doi: 10.25646/11654
- Berger M, Bastl M, Bouchal J, Dirr L, Berger U. The influence of air pollution on pollen allergy sufferers. *Allergol Select.* 2021;5:345-348. doi: 10.5414/ALX02284E
- Berlin F, Mogren S, Ly C, et al. Mast cell tryptase promotes airway remodeling by inducing anti-apoptotic and cell growth properties in human alveolar and bronchial epithelial cells. *Cells.* 2023;12(10):1439. doi: 10.3390/cells12101439
- Franco AS, Murai IH, Takayama L, et al. Assessment of bone microarchitecture in patients with systemic mastocytosis and its association with clinical and biochemical parameters of the disease. *Calcif Tissue Int.* 2023;113(3):276-285. doi: 10.1007/s00223-023-01107-x
- Красникова А.А., Самодурова Н.Ю. Заболеваемость аллергическим ринитом (поллинозом) на территории Воронежской области за 10 лет // Санитарный врач. 2023. Т. 20. № 3 (230). С. 181–185. doi:10.33920/med-08-2303-06
- Qu J, Li Y, Zhong W, Gao P, Hu C. Recent developments in the role of reactive oxygen species in allergic as-

- thma. *J Thorac Dis.* 2017;9(1):E32-E43. doi: 10.21037/jtd.2017.01.05
12. Sies H, Belousov VV, Chandel NS, et al. Defining roles of specific reactive oxygen species (ROS) in cell biology and physiology. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2022;23(7):499-515. doi: 10.1038/s41580-022-00456-z
  13. Шишкина В.В., Клочкова С.В., Алексеева Н.Т. и др. Триптазный профиль популяции тучных клеток кожи крыс при раневом процессе // Журнал анатомии и гистопатологии. 2020. Т. 9 № 4. С. 84–89. doi: 10.18499/2225-7357-2020-9-4-84-89
  14. Atiakshin D, SamoiloVA V, Buchwalow I, Boecker W, Tiemann M. Characterization of mast cell populations using different methods for their identification. *Histochem Cell Biol.* 2017;147(6):683–694. doi: 10.1007/s00418-017-1547-7
  15. Nguyen SMT, Rupprecht CP, Haque A, Pattanaik D, Yusin J, Krishnaswamy G. Mechanisms governing anaphylaxis: Inflammatory cells, mediators, endothelial gap junctions and beyond. *Int J Mol Sci.* 2021;22(15):7785. doi: 10.3390/ijms22157785
  16. Atiakshin D, Kostin A, Volodkin A, et al. Mast cells as a potential target of molecular hydrogen in regulating the local tissue microenvironment. *Pharmaceuticals (Basel).* 2023;16(6):817. doi: 10.3390/ph16060817
  17. Nazarov EI, Khlusov IA, Noda M. Homeostatic and endocrine responses as the basis for systemic therapy with medical gases: ozone, xenon and molecular hydrogen. *Med Gas Res.* 2021;11(4):174–186. doi: 10.4103/2045-9912.318863
  18. Афонин А.Н., Баранова О.Г., Сенатор С.А. и др. Распространение и натурализация *Ambrosia Trifida* (Asteraceae) на европейской территории России // Ботанический журнал. 2022. Т. 107. № 4. С. 350–359. doi: 10.31857/S0006813622020028
  19. Бурменко Ю.В., Баранова Т.В., Калаев В.Н. Сравнительный анализ цитогенетических реакций семенного потомства березы повислой и родендрона ледебурна на антропогенное загрязнение в городе Воронеже // Лесоведение. 2018. № 1. С. 65–73. doi: 10.7868/S0024114818010060
  20. Markowska-Szczupak A, Wesolowska A, Borowski T, et al. Effect of pine essential oil and rotating magnetic field on antimicrobial performance. *Sci Rep.* 2022;12(1):9712. doi: 10.1038/s41598-022-13908-5
  21. Kim DW, Kim DK, Eun KM, et al. IL-25 could be involved in the development of allergic rhinitis sensitized to house dust mite. *Mediators Inflamm.* 2017;2017:3908049. doi: 10.1155/2017/3908049
  22. Awane S, Nishi K, Ishida M, et al. Inhibitory effect of Japanese black vinegar on IgE-mediated degranulation of RBL-2H3 cells and a murine model of Japanese cedar pollinosis. *Cytotechnology.* 2018;70(3):961–974. doi: 10.1007/s10616-018-0208-6
  23. Jung HJ, Ko YK, Shim WS, et al. Diesel exhaust particles increase nasal symptoms and IL-17A in house dust mite-induced allergic mice. *Sci Rep.* 2021;11(1):16300. doi: 10.1038/s41598-021-94673-9
  24. Choi S, Jung M-A, Hwang Y-H, et al. Anti-allergic effects of *Asarum heterotropoides* on an ovalbumin-induced allergic rhinitis murine model. *Biomed Pharmacother.* 2021;141:111944. doi: 10.1016/j.biopha.2021.111944
  25. Механтьев И.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Попова Л.В. Современные гигиенические проблемы питьевого водоснабжения населения Воронежской области // Тенденции развития науки образования. 2021. № 79(1). С. 28–32. doi: 10.18411/trnio-11-2021-09
  26. Пчелинцева А.А., Самодурова Н.Ю., Мамчик Н.П. Нитратная контаминация пищевых продуктов на территории Воронежской области // Сборник научных статей по итогам VIII межвузовской научно-практической конференции «Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне. Воронеж: ООО «Цифровая полиграфия». 2023. С. 30–33.
  27. Suparmi S, Fasitarsi M, Martosupono M, Mangimbulude JC. Comparisons of curative effects of chlorophyll from *Sauropus androgynus* (L) merr leaf extract and Cu-chlorophyllin on sodium nitrate-induced oxidative stress in rats. *J Toxicol.* 2016;2016:8515089. doi: 10.1155/2016/8515089
  28. Kramkowski K, Leszczynska A, Przyborowski K, et al. Short-term treatment with nitrate is not sufficient to induce in vivo antithrombotic effects in rats and mice. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol.* 2017;390(1):85–94. doi: 10.1007/s00210-016-1308-5
  29. Lee JW, Lee DH, Park JK, Han JS. Sodium nitrite-derived nitric oxide protects rat testes against ischemia/reperfusion injury. *Asian J Androl.* 2018;21(1):92–97. doi: 10.4103/aja.aja\_76\_18
  30. Атякшин Д.А., Шишкина В.В., Будневский А.В. и др. Способ окрашивания триптаза-позитивных тучных клеток в микропрепаратах тканей с докрасиванием раствором Май-Грюнвальда. Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ, рег. № 2781558 от 13.10.2022. М.: Роспатент, 2022. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2781558C1/ru>. Ссылка активна на 04.08.2023.

## REFERENCES

1. Garcia-Garcia C, Kim M, Baik I. Associations of dietary vitamin A and C intake with asthma, allergic rhinitis, and allergic respiratory diseases. *Nutr Res Pract.* 2023;17(5):997–1006. doi: 10.4162/nrp.2023.17.5.997
2. Ovchinnikov AYU, Miroshnichenko NA, Simsova VA. Ebastine in the treatment of patients with allergic rhinitis. *Meditsinskiy Sovet.* 2019;(12):58–62. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2019-12-58-62
3. Pavlyuchenko II, Klimenko YaV, Fedotova NV, et al. Air pollen monitoring in a specific region as a part of the pollinosis prevention. *Innovatsionnaya Meditsina Kubani.* 2023;8(3):62–70. (In Russ.) doi: 10.35401/2541-9897-2023-26-3-62-70
4. Abaturon AE, Krivusha EL, Babich VL. Antihistamines in the treatment of allergic rhinitis in children. *Zdorov'e Rebenka.* 2018;13(1):68–79. (In Russ.) doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127068
5. Omusheva S. Modern diagnostics and treatment of allergic rhinitis in children in the Kyrgyz Republic. *Byulleten' Nauki i Praktiki.* 2020;6(1):129–137. (In Russ.) doi: 10.33619/2414-2948/50/14
6. Bergmann KC, Brehler R, Endler C, et al. Impact of climate change on allergic diseases in Germany. *J Health Monit.* 2023;8(Suppl 4):76–102. doi: 10.25646/11654
7. Berger M, Bastl M, Bouchal J, Dirr L, Berger U. The influence of air pollution on pollen allergy sufferers. *Allergol Select.* 2021;5:345–348. doi: 10.5414/ALX02284E
8. Berlin F, Mogren S, Ly C, et al. Mast cell tryptase promotes airway remodeling by inducing anti-apoptotic and cell growth properties in human alveolar and bronchial epithelial cells. *Cells.* 2023;12(10):1439. doi: 10.3390/cells12101439
9. Franco AS, Murai IH, Takayama L, et al. Assessment of bone microarchitecture in patients with systemic mastocytosis and its association with clinical and biochemical parameters of the disease. *Calcif Tissue Int.* 2023;113(3):276–285. doi: 10.1007/s00223-023-01107-x
10. Krasnikova AA, Samodurova NYu. The incidence of allergic rhinitis (hay fever) in the Voronezh region for

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-91-98>  
Original Research Article

- 10 years. *Sanitarnyy Vrach*. 2023;(3):181-185. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2303-06
11. Qu J, Li Y, Zhong W, Gao P, Hu C. Recent developments in the role of reactive oxygen species in allergic asthma. *J Thorac Dis*. 2017;9(1):E32-E43. doi: 10.21037/jtd.2017.01.05
  12. Sies H, Belousov VV, Chandel NS, et al. Defining roles of specific reactive oxygen species (ROS) in cell biology and physiology. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2022;23(7):499-515. doi: 10.1038/s41580-022-00456-z
  13. Shishkina VV, Klochkova SV, Alexeeva NT, et al. Trypsinase profile of the rat skin mast cell population during the wound healing. *Zhurnal Anatomii i Gistopatologii*. 2020;9(4):84-89. (In Russ.) doi: 10.18499/2225-7357-2020-9-4-84-89
  14. Atiakshin D, SamoiloVA V, Buchwalow I, Boecker W, Tiemann M. Characterization of mast cell populations using different methods for their identification. *Histochem Cell Biol*. 2017;147(6):683-694. doi: 10.1007/s00418-017-1547-7
  15. Nguyen SMT, Rupprecht CP, Haque A, Pattanaik D, Yusin J, Krishnaswamy G. Mechanisms governing anaphylaxis: Inflammatory cells, mediators, endothelial gap junctions and beyond. *Int J Mol Sci*. 2021;22(15):7785. doi: 10.3390/ijms22157785
  16. Atiakshin D, Kostin A, Volodkin A, et al. Mast cells as a potential target of molecular hydrogen in regulating the local tissue microenvironment. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2023;16(6):817. doi: 10.3390/ph16060817
  17. Nazarov EI, Khlusov IA, Noda M. Homeostatic and endocrine responses as the basis for systemic therapy with medical gases: ozone, xenon and molecular hydrogen. *Med Gas Res*. 2021;11(4):174-186. doi: 10.4103/2045-9912.318863
  18. Afonin AN, Baranova OG, Senator SA, et al. Distribution and naturalization of *Ambrosia Trifida* (Asteraceae) on the European territory of Russia. *Botanicheskii Zhurnal*. 2022;107(4):350-359. (In Russ.) doi: 10.31857/S0006813622020028
  19. Burmenko YuV, Baranova TV, Kalaev VN. Comparative study of cytogenetic response of silver birch and *Rhododendron Ledebourii* seeds to urban pollution in Voronezh. *Lesovedenie*. 2018;(1):65-73. (In Russ.) doi: 10.7868/S0024114818010060
  20. Markowska-Szczupak A, Wesolowska A, Borowski T, et al. Effect of pine essential oil and rotating magnetic field on antimicrobial performance. *Sci Rep*. 2022;12(1):9712. doi: 10.1038/s41598-022-13908-5
  21. Kim DW, Kim DK, Eun KM, et al. IL-25 could be involved in the development of allergic rhinitis sensitized to house dust mite. *Mediators Inflamm*. 2017;2017:3908049. doi: 10.1155/2017/3908049
  22. Awane S, Nishi K, Ishida M, et al. Inhibitory effect of Japanese black vinegar on IgE-mediated degranulation of RBL-2H3 cells and a murine model of Japanese cedar pollinosis. *Cytotechnology*. 2018;70(3):961-974. doi: 10.1007/s10616-018-0208-6
  23. Jung HJ, Ko YK, Shim WS, et al. Diesel exhaust particles increase nasal symptoms and IL-17A in house dust mite-induced allergic mice. *Sci Rep*. 2021;11(1):16300. doi: 10.1038/s41598-021-94673-9
  24. Choi S, Jung M-A, Hwang Y-H, et al. Anti-allergic effects of *Asarum heterotropoides* on an ovalbumin-induced allergic rhinitis murine model. *Biomed Pharmacother*. 2021;141:111944. doi: 10.1016/j.biopha.2021.111944
  25. Mehantiev II, Klepikov OV, Kurolap SA, Popova LV. [Modern hygienic problems of drinking water supply of the population of the Voronezh region.] *Tendentsii Razvitiya Nauki i Obrazovaniya*. 2021;(79-1):28-32. (In Russ.) doi: 10.18411/trnio-11-2021-09
  26. Pchelintseva AA, Samodurova NYu, Mamchik NP. [Nitrate contamination of food products on the territory of the Voronezh region.] In: *Hygienic, Epidemiological and Environmental Aspects of Disease Prevention at the Regional Level: Proceedings of the Eighth Interuniversity Scientific and Practical Conference, Voronezh, March 23, 2023*. Voronezh: Digital Printing LLC; 2023:30-33. (In Russ.)
  27. Suparmi S, Fasitarsi M, Martosupono M, Mangimbu-lude JC. Comparisons of curative effects of chlorophyll from *Sauropus androgynus* (L) merr leaf extract and Cu-chlorophyllin on sodium nitrate-induced oxidative stress in rats. *J Toxicol*. 2016;2016:8515089 doi: 10.1155/2016/8515089
  28. Kramkowski K, Leszczynska A, Przyborowski K, et al. Short-term treatment with nitrate is not sufficient to induce in vivo antithrombotic effects in rats and mice. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 2017;390(1):85-94. doi: 10.1007/s00210-016-1308-5
  29. Lee JW, Lee DH, Park JK, Han JS. Sodium nitrite-derived nitric oxide protects rat testes against ischemia/reperfusion injury. *Asian J Androl*. 2018;21(1):92-97. doi: 10.4103/aja.aja\_76\_18

#### Сведения об авторах:

✉ **Красникова** Алина Алексеевна – аспирант кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: a\_mivi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4988-2035>.

**Самодурова** Наталья Юрьевна – к.м.н., доцент, декан медико-профилактического факультета, доцент кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: nataly.samodurov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4065-2471>.

**Шишкина** Виктория Викторовна – к.м.н., доцент, директор НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: 4128069@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9185-4578>.

**Герасимова** Ольга Андреевна – к.б.н., старший научный сотрудник НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: stavro7@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8662-5279>.

**Самойленко** Татьяна Валерьевна – научный сотрудник НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: antailkka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-535X>.

**Есауленко** Дмитрий Игоревич, старший научный сотрудник НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: desaulenko79@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-8834>.

**Горюшкина** Елена Сергеевна – лаборант НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: goruskinaalt@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4813-8466>.

**Антакова** Любовь Николаевна – старший научный сотрудник НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; e-mail: tsvn@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5212-1005>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Красникова А.А., Самодурова Н.Ю.*; сбор данных: *Красникова А.А.*; морфологический блок исследования: *Самойленко Т.В., Шишкина В.В., Горюшкина Е.С.*; анализ и интерпретация результатов: *Шишкина В.В., Красникова А.А., Самодурова Н.Ю.*; литературный обзор: *Красникова А.А.*; подготовка рукописи: *Красникова А.А., Самодурова Н.Ю., Шишкина В.В.*; критическая доработка рукописи с предоставлением ценных комментариев: *Герасимова О.А., Самойленко Т.В., Горюшкина Е.С., Есауленко Д.И., Антакова Л.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (прокол № 6 от 06.10.2020). Исследование выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей.

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 07.08.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

#### Author information:

✉ Alina A. **Krasnikova**, Postgraduate student, Department of Epidemiology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: a\_mivi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4988-2035>.

Natalya Yu. **Samodurova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Dean of the Faculty of Preventive Medicine; Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: nataly.samodurov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4065-2471>.

Viktoria V. **Shishkina**, Cand.Sci. (Med.), Assoc. Prof., Director, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: 4128069@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9185-4578>.

Olga A. **Gerashimova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: stavro7@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8662-5279>.

Tatiana V. **Samoilenko**, Researcher, Head of the Laboratory of Experimental Biological Models, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: antailkka@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-535X>.

Dmitry I. **Esaulenko**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: desaulenko79@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-8834>.

Yelena S. **Goryushkina**, Laboratory Assistant, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: gorushkinaalt@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4813-8466>.

Lyubov N. **Antakova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; e-mail: tsvn@bk.ru; ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5212-1005>.

**Author contributions:** study conception and design: *Krasnikova A.A., Samodurova N.Yu.*; data collection, literature review: *Krasnikova A.A.*; morphological analysis: *Samoilenko T.V., Shishkina V.V., Goryushkina Ye.S.*; analysis and interpretation of results: *Shishkina V.V., Krasnikova A.A., Samodurova N.Yu.*; draft manuscript preparation: *Krasnikova A.A., Samodurova N.Yu., Shishkina V.V.*; critical revision of the manuscript and provision of valuable comments: *Gerashimova O.A., Samoilenko T.V., Goryushkina Ye.S., Esaulenko D.I., Antakova L.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The animal study protocol was approved by the Ethics Committee of the Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (protocol No. 6 of October 6, 2020). The study was conducted in compliance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes.

**Funding:** This research received no external funding.

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

Received: August 7, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023

## К 100-летию юбилею Александры Степановны Анцуповой

В декабре 2023 г. ФБУН «Нижегородский НИИ эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора отмечает 100-летний юбилей старейшего, ныне здравствующего, научного сотрудника, доктора медицинских наук, Отличника здравоохранения, кавалера Ордена «Знак Почёта», Почетного ветерана института Александры Степановны Анцуповой.

Александра Степановна родилась 4 декабря 1923 г. в г. Лукоянов Горьковской области. После окончания в 1949 г. санитарно-гигиенического факультета Горьковского медицинского института работала главным врачом районной СЭС, затем – заведующей райздравотделом в Тульской области. В 1951 г. она вернулась в г. Горький и была принята на должность эпидемиолога в бассейновую СЭС Верхне-Волжского Водздравотдела, а затем – в СЭС Ленинского района. В 1956 г. поступила в аспирантуру Горьковского НИИ эпидемиологии и микробиологии, в котором затем проработала 32 года (1957–1989 гг.).

В 1961 г. Александра Степановна защитила кандидатскую диссертацию на тему «Сравнительная оценка некоторых методов лабораторной диагностики сыпного тифа». Дальнейшие исследования по этой проблеме были обобщены в докторской диссертации Александры Степановны «Эпидемиологические, иммунологические и экспериментальные исследования при современном спорадическом сыпном тифе», защищенной в 1971 г.

В 1969 г. А.С. Анцупова стала руководителем лаборатории энтеровирусных инфекций и вирусологического отдела. Научным направлением лаборатории являлось изучение этиологии полиомиелитоподобных заболеваний (ППЗ), мониторинг циркуляции «диких» и вакцинных полиовирусов, контроль за состоянием гуморального иммунитета к полиомиелиту у детей, изучение роли вирусов группы Коксаки В при острых миокардитах, а также совершенствование методов диагностики энтеровирусных инфекций. Эти исследования позволили



определить в общей заболеваемости ППЗ удельный вес числа случаев, потенциально связанных с вакцинацией. Исследованиями лаборатории подтверждена более высокая иммунологическая эффективность жидкого препарата оральной полиомиелитной вакцины (ОПВ) по сравнению с вакциной-драже, расширен спектр методов лабораторной диагностики энтеровирусных инфекций. Изучение закономерностей развития эпидпроцесса полиомиелита в условиях длительной вакцинопрофилактики, включая причины возникновения вакцин-ассоциированных случаев заболеваний, внесло весомый вклад в совершенствование

эпидемиологического надзора за полиомиелитом в нашей стране.

Лаборатория энтеровирусных инфекций, возглавляемая А.С. Анцуповой, одна из первых в нашей стране начала исследования по изучению ротавирусной инфекции. Для диагностики диарейных заболеваний были использованы методы электронной и иммуноэлектронной микроскопии, с помощью которых показана значимость ротавирусов в инфекционной кишечной патологии детей первых лет жизни. Под руководством А.С. Анцуповой впервые в нашей стране начаты исследования генетического разнообразия ротавирусов, которые и в настоящее время продолжают ее ученики и последователи.

Дальнейшее развитие инициированного д.м.н. А.С. Анцуповой научного направления по разработке и применению молекулярных методов диагностики кишечных вирусных инфекций стало базой для изучения эпидемиологии диарейных вирусных заболеваний на молекулярном уровне.

Александра Степановна давно находится на заслуженном отдыхе, но до сих пор пользуется большим уважением и авторитетом как исключительно доброжелательный и талантливый ученый, как человек, преданный профессии, наставник, дело которого продолжают благодарные ученики.

*Коллектив Нижегородского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора с высоким чувством уважения и признательности за яркий след в истории развития института поздравляет юбиляра и желает крепкого здоровья.*

*Директор ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, д.м.н. Н.Н. Зайцева, д.б.н., профессор Н.А. Новикова, д.б.н., профессор Г.И. Григорьева*

## К 75-летию юбилею Владимира Борисовича Гурвича

15 декабря 2023 года исполнилось 75 лет доктору медицинских наук, заслуженному врачу Российской Федерации Владимиру Борисовичу Гурвичу.

Более полувека своей трудовой деятельностью Владимир Борисович посвятил сохранению и улучшению санитарно-эпидемиологического благополучия и здоровья населения нашей страны.

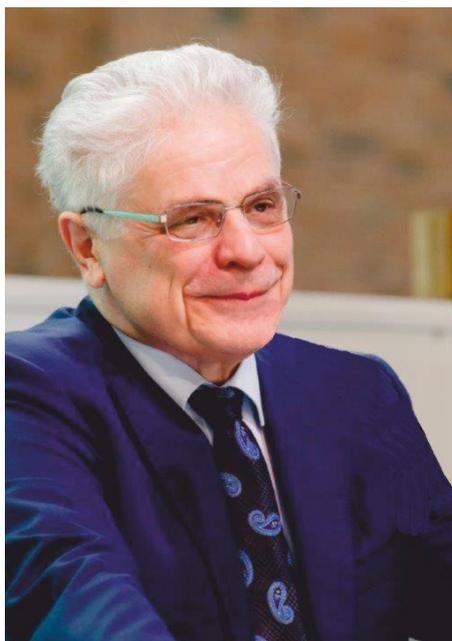
Окончив в 1972 году санитарный факультет Свердловского государственного медицинского института, в качестве санитарного врача по гигиене труда В.Б. Гурвич начал работу в Областной санэпидстанции. В 1983 году он уже защитил диссертацию кандидата медицинских наук на тему «Основные вопросы при добыче асбестосодержащих руд открытым способом». А с 1986 года приступил к работе заместителем главного государственного санитарного врача по Свердловской области по санитарно-гигиеническим вопросам. В 2008 году Владимир Борисович успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Системный подход к управлению экологическим риском для здоровья населения на примере предприятий алюминиевой промышленности».

При научно-методическом руководстве В.Б. Гурвича и его непосредственном участии была создана и до сих пор успешно функционирует уникальная для Российской Федерации региональная система управления риском для здоровья населения. Система объединяет деятельность 90 муниципальных образований по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Также в Свердловской области в одной из первых в России была создана и успешно работает система социально-гигиенического мониторинга.

Огромный опыт и понимание задач, стоящих перед практической службой в современных условиях, особо проявились в реализации научного потенциала Федерального бюджетного учреждения науки «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, которым Владимир Борисович руководил с 2010 года по 2019 год. С 2019 года по настоящее время он является научным руководителем этого же учреждения.

И в должности директора, и в должности научного руководителя В.Б. Гурвич успешно координирует и организует работу сотрудников Екатеринбургского медицинского научного центра по выполнению в рамках отраслевой программы государственного задания Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, ряда федеральных, ведомственных целевых, региональных и местных программ, научно-практических работ с холдингами, крупными предприятиями цветной и черной металлургии, стройиндустрии и др. Выполняемые научно-исследовательские работы соответствуют национальным целям и стратегическим задачам развития Российской Федерации.

Под руководством В.Б. Гурвича сотрудники Центра приняли активное участие в разработке утвержденных Правительством Свердловской области ряда стратегических программ, таких как Концепция «Сбережения населения Свердловской области до 2015», «Концепция экологической безопасности Свердловской области до 2015 года», «Концепция развития медицины труда в Свердловской области до 2015 года», Программа демографического развития Свердловской области на период до 2025 года «Уральская семья», «Комплексный план мероприятий по реабилитации здоровья населения, проживающего



на экологически неблагоприятных территориях Свердловской области» и другие.

При научно-методическом руководстве и непосредственном участии В.Б. Гурвича создана и успешно функционирует уникальная для Российской Федерации региональная система управления риском для здоровья населения Свердловской области. Организованы и успешно ведутся работы по профилактике экологически обусловленных заболеваний и реабилитации здоровья детей и беременных женщин, проживающих на экологически неблагоприятных территориях, так и Российской Федерации. Показана высокая экономическая эффективность проводимых профилактических мероприятий. Впервые за последнее десятилетие сократилось число дополнительных случаев заболеваний у детей в связи с негативным воздействием загрязнения среды обитания.

Для решения основной задачи сохранения здоровья работающего населения, его профессионального долголетия создана и успешно функционирует утвержденная Правительством Свердловской области система «Медицина труда».

Десятки важнейших для службы нормативно-методических документов уже внедрены в практику и стали неотъемлемой частью обеспечения качества жизни россиян. Большое количество фундаментальных научных исследований Центра вышли на международный уровень.

Являясь председателем проблемной комиссии Ученого совета Роспотребнадзора «Научные основы комплексной оценки и управления риском факторов производственной среды», Владимир Борисович вносит значительный вклад в формирование приоритетных задач, стоящих перед научно-исследовательскими институтами Роспотребнадзора гигиенического профиля, по сохранению и улучшению здоровья работающего населения страны.

В.Б. Гурвич имеет более 650 печатных работ, в том числе 4 монографии. Является председателем диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, членом Ученого совета Роспотребнадзора, членом редакционных советов 4-х федеральных периодических журналов и одного регионального периодического журнала, действительным членом Международной академии наук по экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ).

За многолетний добросовестный труд Владимиру Борисовичу присвоено почетное звание «Заслуженный врач Российской Федерации». Он имеет государственные награды, среди которых наиболее значимые – медаль Ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, почетная грамота Президента Российской Федерации, медаль «За заслуги перед отечественным здравоохранением», орден «За пользу Отечеству имени В.И. Татищева», значок «Отличник здравоохранения», знак отличия «За заслуги перед Свердловской областью» 3 степени, памятные медали «90 лет Госсанэпидслужбе России», «100 лет Госсанэпидслужбе России», «130 лет Федеральному Научному Центру Гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана», нагрудный знак «Почетный работник Роспотребнадзора». Владимир Борисович имеет грамоты Министерства здравоохранения Российской Федерации, Законодательного собрания и Правительства Свердловской области, благодарности Губернатора Свердловской области.

*Коллектив ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора сердечно поздравляет Владимира Борисовича с юбилеем, выражает глубокое уважение и от всей души желает крепкого здоровья, новых творческих свершений и замыслов, бодрости духа и молодости души!*