



RUSSIAN MONTHLY PEER-REVIEWED
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

**PUBLIC HEALTH AND
LIFE ENVIRONMENT**

MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

ЗНиСО

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

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Established in 1993

№ 4

Том 33 · 2025

Vol. 33 · 2025

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

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

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

**Здоровье населения
и среда обитания –
ЗНСО**

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 4 2025
Выходит 12 раз в год
Основан в 1993 г.

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

Учредитель: Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора)

Цель: распространение основных результатов научных исследований и практических достижений в области гигиены, эпидемиологии, общественного здоровья и здравоохранения, медицины труда, социологии медицины, медико-социальной экспертизы и медико-социальной реабилитации на российском и международном уровне.

Задачи журнала:

- Расширять свою издательскую деятельность путем повышения географического охвата публикуемых материалов (в том числе с помощью большего вовлечения представителей международного научного сообщества).
- Неукоснительно следовать принципам исследовательской и издательской этики, беспристрастно оценивать и тщательно отбирать публикации, для исключения неэтичных действий или плагиата со стороны авторов, нарушения общепринятых принципов проведения исследований.
- Обеспечить свободу контента, редакторов и редсовета журнала от коммерческого, финансового или иного давления, дискредитирующего его беспристрастность или снижающего доверие к нему.

Все рукописи подвергаются рецензированию.
Всем статьям присваивается индивидуальный код DOI (Crossref DOI prefix: 10.35627).

Для публикации в журнале: статьи в электронном виде должны быть отправлены через личный кабинет автора на сайте <https://zniso.fcgie.ru/>

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2025

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А.Ю. Попова
Д.м.н., проф., Заслуженный врач Российской Федерации; Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главный государственный санитарный врач Российской Федерации; заведующий кафедрой организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Р.К. Фридман

К.м.н.; главный врач ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Г.М. Трухина (научный редактор)

Д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; руководитель отдела микробиологических методов исследования окружающей среды института комплексных проблем гигиены ФБУН «ФНЦ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

Ответственный секретарь Н.А. Горбачева

К.м.н.; заместитель заведующего учебно-издательским отделом ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

В.Г. Акимкин д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

Е.В. Ануфриева д.м.н., доц.; заместитель директора по научной работе ГАУ ДПО «Уральский институт (научный редактор) правления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский внештатный специалист по медицинской помощи в образовательных организациях Минздрава России по Уральскому федеральному округу (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

А.М. Большаков д.м.н., проф. (г. Москва, Российская Федерация)

Н.В. Зайцева д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)

О.Ю. Милушкина д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Н.А. Бокарева д.м.н., доц.; профессор кафедры гигиены педиатрического факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Е.Л. Борщук д.м.н., проф.; Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Оренбург, Российская Федерация)

Н.И. Брико д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; директор института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)

В.Б. Гурвич д.м.н., Заслуженный врач Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Т.К. Дзагурова д.м.н.; заведующий лабораторией геморрагических лихорадок ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита) (г. Москва, Российская Федерация)

С.Н. Киселев д.м.н., проф.; проректор по учебно-воспитательной работе, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Хабаровск, Российская Федерация)

О.В. Клепиков д.б.н., проф.; профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж, Российская Федерация)

В.Т. Комов д.б.н., проф.; заместитель директора по научной работе ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН» (г. 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 орден 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 „Микроб“» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)

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

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 33 № 4 2025
Выходит 12 раз в год
Основан в 1993 г.

Все права защищены.
Перепечатка и любое воспроиз-
ведение материалов и иллюстра-
ций в печатном или электронном
виде из журнала ЗНиСО допус-
кается только с письменного
разрешения учредителя и изда-
теля – ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотреб-
надзора.
При использовании материалов
ссылка на журнал ЗНиСО
обязательна.

Мнение редакции может не сов-
падать с мнением авторов.
Ответственность за достоверность
информации, содержащейся
в рекламных материалах, несет
рекламодатели.

Контакты редакции:
117105, Москва, Варшавское
шоссе, д. 19А
E-mail: znisofcgie.ru
Тел.: +7 (495) 633-1817 доб. 240
факс: +7 (495) 954-0310
Сайт журнала: znisofcgie.ru

Издатель:
ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское
шоссе, д. 19А
E-mail: gsen@fcgie.ru
Тел.: +7 (495) 954-45-36
Сайт организации: fcgie.ru

Редактор 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:
www.elibrary.ru
Подписка на электронную версию
журнала: www.elibrary.ru

По вопросам размещения рекла-
мы в номере обращаться:
znisofcgie.ru,
тел.: +7 (495) 633-1817

Опубликовано 30.04.2025
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 10,75
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда
обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 7–86.

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

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора,
2025

EDITORIAL BOARD

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

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichesky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation	Alexander V. 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 Poliomielitis), Moscow, Russian Federation
Sergey N. Kiselev Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation	Oleg V. Klepikov Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geocology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
Victor T. Komov Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation	Eduard I. Korenberg Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir M. Korzun Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation	Elena A. Kuzmina Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir V. Kutyrev Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation	Natalia A. Lebedeva-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

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

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNISO

Public Health and Life Environment – *PH&LE*

Russian monthly peer-reviewed scientific and practical journal

Volume 33, Issue 4, 2025

Established in 1993

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

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

Editorial Contacts:
Public Health and Life Environment
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: zniso.fcgie.ru

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

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

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

Published: April 30, 2025
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 10,75
Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2025;33(4):7–86.

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, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Куделина О.В., Гамирова К.А., Шерьязданова Д.Н. Оптимизация расходов при оказании медицинской помощи онкологическим больным: систематический обзор международных публикаций	7
Хафизова А.А., Зимина С.Н., Негашева М.А. Моделирование диахронных изменений длины тела взрослого населения России в связи с колебаниями социально-экономических и демографических показателей в начале XXI в.	19

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Кузнецова О.А., Негашева М.А., Синева И.М., Кремнева В.Н., Филатова О.В., Хафизова А.А., Иванова Е.А., Коршунова Д.Д., Юдина А.М. Региональные особенности морфофункционального статуса молодежи России в начале XXI в.	29
Рязанцев А.И., Суботялов М.А. Морфофункциональные особенности пловцов в зависимости от спортивной специализации (обзор)	43

МЕДИЦИНА ТРУДА

Жаркова Е.М., Потапова И.А., Федотова И.В., Черникова Е.Ф., Калачева Е.С. Сравнительный анализ информативности биологических жидкостей для биомониторинга формальдегида в организме человека	54
--	----

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Турчанинов Д.В., Брусенцова А.В., Вильмс Е.А., Меньщикова Ю.В., Турчанинова М.С., Глаголева О.Н., Юнацкая Т.А. Распространенность приема витаминно-минеральных добавок к пище у взрослого населения Омской области	62
--	----

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Топорков А.В. Применение информационных технологий в мониторинге за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации	69
Кузнецова К.Ю., Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Герасимов В.Н., Мальцев В.В., Петрова С.А. Научное обоснование популяционного мониторинга сообщества свободноживущих простейших природных биотопов. Часть 2	78
Памяти Людмилы Григорьевны Подуновой.....	86

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Kudelina O.V., Gamirova K.A., Sheryazdanova D.N. Optimization of cancer care costs: A systematic review of international publications	7
Khafizova A.A., Zimina S.N., Negashova M.A. Modeling of diachronic changes in adult body height in relation to fluctuations in socioeconomic and demographic indicators in Russia at the turn of the 21 st century	19

PEDIATRIC HYGIENE

Kuznetsova O.A., Negashova M.A., Sineva I.M., Kremneva V.N., Filatova O.V., Khafizova A.A., Ivanova E.A., Korshunova D.D., Yudina A.M. Regional features of the morphofunctional status of Russian youth at the turn of the 21 st century	29
Riazantsev A.I., Subotyalov M.A. Sports specialization-specific morphofunctional characteristics of swimmers: A review	43

OCCUPATIONAL MEDICINE

Zharkova H.M., Potapova I.A., Fedotova I.V., Chernikova E.F., Kalacheva E.S. Comparative analysis of the informative value of biological fluids for biomonitoring formaldehyde in the human body	54
--	----

NUTRITIONAL HYGIENE

Turchaninov D.V., Brusentsova A.V., Vilms E.A., Menshchikova Yu.V., Turchaninova M.S., Glagoleva O.N., Yunatskaya T.A. Prevalence of vitamin and mineral supplement use in the adult population of the Omsk Region	62
--	----

EPIDEMIOLOGY

Nikitin D.N., Udovichenko S.K., Putintseva E.V., Toporkov A.V. Integration of information technology in West Nile virus surveillance in the Russian Federation	69
Kuznetsova K.Y., Rakhmanin Y.A., Mikhailova R.I., Gerasimov V.N., Maltsev VV, Petrova SA. Scientific substantiation of population monitoring of free-living protozoan community in natural biotopes: Communication 2	78
In memory of Professor Lyudmila G. Podunova	86



Оптимизация расходов при оказании медицинской помощи онкологическим больным: систематический обзор международных публикаций

О.В. Куделина¹, К.А. Гамирова¹, Д.Н. Шерьязданова²

¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Московский тракт, д. 2, г. Томск, 634050, Российская Федерация

² Карагандинский медицинский университет, ул. Гоголя, д. 40, г. Караганда, 100008, Казахстан

Резюме

Введение. Злокачественные новообразования представляют собой серьезную проблему ввиду значительных финансовых затрат, как прямых (на диагностику и лечение), так и косвенных (потеря трудоспособности, инвалидизация, утраченные годы жизни и др.). Исследования, рассматривающие вопросы финансовых аспектов оказания онкологической помощи, направлены на изучение уже существующих подходов к вопросам финансирования, выявление новых тенденций и прогнозирование будущих направлений в этой области.

Цель исследования: сформировать направления оптимизации финансирования медицинской помощи онкологическим пациентам на основе анализа международных исследований, опубликованных в 2014–2024 гг.

Материалы и методы. Поисковый запрос публикаций в международной базе данных Web of Science проведен по дескрипторам: «oncology», «cancer», «healthcare», «medical care», «health care», «health system». Анализ 173 отобранных научных работ выполнен с помощью программы Bibliometrix 3.0. В систематический обзор вошли материалы 39 наиболее релевантных статей, содержащих информацию о расходах на предоставление медицинской помощи онкологическим больным и способах их оптимизации.

Результаты. В большинстве стран мира расходы на лечение онкологических заболеваний составляют существенную часть от общего объема средств, выделяемых на здравоохранение. Исследователи предлагают различные подходы к снижению издержек на оказание помощи онкологическим пациентам. Выделены три ключевых направления международных публикаций, рассматривающих способы эффективного использования средств при оказании медицинской помощи: оценка затрат на лечение рака; изучение факторов, влияющих на стоимость лечения онкологических заболеваний, и оценка способов снижения стоимости терапии злокачественных новообразований.

Заключение. Определены основные стратегии и методы рационального использования финансовых средств в онкологии. Эти подходы могут быть адаптированы под конкретные условия и потребности различных лечебных учреждений, оказывающих медицинскую помощь онкологическим пациентам. Их реализация требует совместных усилий правительства, учреждений здравоохранения, профессиональных ассоциаций и общества в целом.

Ключевые слова: онкологическая помощь, организация здравоохранения, лечение, оптимизация, расходы на оказание медицинской помощи, систематический обзор.

Для цитирования: Куделина О.В., Гамирова К.А., Шерьязданова Д.Н. Оптимизация расходов при оказании медицинской помощи онкологическим больным: систематический обзор международных публикаций // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 7–18. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-7-18

Optimization of Cancer Care Costs: A Systematic Review of International Publications

Olga V. Kudelina,¹ Kristina A. Gamirova,¹ Dinara N. Sheryazdanova²

¹ Siberian State Medical University, 2 Moskovsky Tract, Tomsk, 634050, Russian Federation

² Karaganda Medical University, 40 Gogol Street, Karaganda, 100008, Republic of Kazakhstan

Summary

Introduction: Malignant neoplasms pose a serious challenge due to significant economic costs, both direct (diagnosis and treatment) and indirect (sickness absence, disability, years of life lost, etc.). The studies addressing financial aspects of cancer care are aimed at examining already existing approaches to funding, identifying new trends, and forecasting future directions.

Objective: To formulate directions for optimizing cancer care costs based on the analysis of international studies published between 2014 and 2024.

Materials and methods: Publications were selected from the Web of Science international database using the following search queries: «oncology», «cancer», «healthcare», «medical care», «health care», and «health system». Metadata from 173 selected papers were then analyzed using the Bibliometrix 3.0 software. The systematic review included materials of 39 most relevant publications containing information about cancer care costs and ways of their optimization.

Results: In most countries, costs of cancer treatment constitute a significant proportion of the total funds allocated for healthcare. Researchers propose various approaches to reducing these expenses. We identified three key directions of international publications examining ways to use cancer care resources effectively: assessment of cancer treatment costs, investigation of factors influencing them, and evaluation of cancer care cost reduction opportunities.

Conclusions: We defined the main strategies and methods for rational use of financial resources in oncology. These approaches can be adapted to specific conditions and needs of various health facilities providing cancer care. Their implementation requires joint efforts by the government, medical institutions, professional associations, and the society as a whole.

Keywords: cancer care, healthcare organization, treatment, optimization, healthcare cost, systematic review.

Cite as: Kudelina OV, Gamirova KA, Sheryazdanova DN. Optimization of cancer care costs: A systematic review of international publications. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):7–18. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-7-18

Введение. В последнее десятилетие во всем мире наблюдается тенденция роста заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО), которые в большинстве стран мира занимают второе место по смертности среди всех заболеваний, уступая лишь болезням системы кровообращения. Несмотря на постоянное улучшение методов лечения и внедрение новых схем лекарственной терапии злокачественных новообразований, смертность от онкологических заболеваний остается высокой, что приводит к большим человеческим потерям во многих странах. При этом затраты, связанные с лечением рака, продолжают быстро увеличиваться [1–4].

Одной из ключевых задач системы здравоохранения является стратегическое планирование, направленное на обеспечение финансовой устойчивости и доступности медицинских услуг для населения [5]. Эффективное распределение ресурсов и грамотное управление позволяют не только повысить качество оказания медицинской помощи, но и обеспечить ее доступность для всех слоев населения [6, 7].

Систематические обзоры играют важную роль в научной коммуникации между учеными, поскольку они способствуют объединению знаний, помогают выявить пробелы в исследованиях и определить векторы для будущих работ. Кроме того, обзоры оказывают помощь практическим специалистам и политическим деятелям в принятии взвешенных решений на основе наиболее качественных доступных данных. Один из этапов систематического обзора, позволяющий изучить и систематизировать актуальную для ученых область академического интереса, выявить основные тенденции научных изысканий, – библиометрический анализ (БА) [8]. БА применяется для количественной оценки академической продуктивности изданных материалов и ряда других задач, включая выявление новых актуальных тем публикаций и журналов, изучение моделей сотрудничества среди исследователей, а также анализ ключевых компонентов академической деятельности. Кроме того, этот метод позволяет изучать интеллектуальную структуру предметной области, выявляя основные направления, концепции и взаимосвязи в существующей научной литературе [8, 9].

Цель исследования: сформировать направления оптимизации финансирования медицинской помощи онкологическим пациентам на основе анализа международных исследований, опубликованных в 2014–2024 гг.

Материалы и методы. Систематический обзор международных публикаций, посвященных затратам при оказании медицинской помощи онкологическим больным, выполнен в несколько этапов. На первом этапе (рис. 1) осуществлен начальный отбор научных материалов из базы данных Web of Science (WoS). Период исследования 2014–2024 гг. Выборка данных произведена 20.01.2025. Для подбора подходящих материалов использована функция тематического поиска (по названию, аннотации и ключевым словам). Выполнены поисковые запросы по фразам: «oncology» ИЛИ «cancer» И «healthcare» ИЛИ «medical care» ИЛИ «health care» ИЛИ «health

system». Далее выбраны статьи, которые наиболее соответствовали теме исследования, поиск дополнен ключевыми словами «healthcare cost» ИЛИ «cancer care cost» ИЛИ «medical care cost» ИЛИ «health care cost». Итоговое число публикаций на данном этапе составило 629. В анализ включены работы, рассматривающие вопросы эффективности и качества оказания медицинских услуг онкологическим больным (рис. 1). Все научные работы, вошедшие в анализ, находятся в открытом доступе (т. е. имеют аннотацию и доступ к полному тексту). Основной объем составили статьи ($n = 158$, 91,3 %) и обзорные статьи ($n = 13$, 7,5 %). Из анализа исключены исследования, содержащие такие темы, как «уход за больными» (*nursing*), «палиативный» (*palliative*), «COVID-19», как не имеющие прямого отношения к теме данного обзора.

На втором этапе проведен библиометрический анализ итогового количества статей ($n = 173$) с помощью программного модуля Bibliometrix 3.0 и обработка материалов с использованием Microsoft Excel. Библиометрический анализ публикаций проведен по двум основным направлениям: анализ производительности и научное картирование [10]. Для изучения релевантности и качества публикаций использовался индекс Хирша (*h*-индекс).

На третьем этапе в результате анализа из 173 научных статей идентифицировано 39 публикаций, содержащих актуальную информацию о финансовом обеспечении онкологической помощи, которые разделены на 3 основных направления (рис. 1). По результатам обзора выделены наиболее перспективные способы оптимизации затрат на лечение онкологических заболеваний.

Результаты. По результатам библиометрического анализа 173 публикаций, отобранных на 1-м этапе, установлено, что в их подготовке участвовало 1142 автора. Среднее количество авторов, участвовавших в написании 1 статьи, составило 6,9. Среднее количество цитирований на одну статью – 12,2 (табл. 1).

Годовая продукция исследовательских материалов имеет устойчивую тенденцию к росту, начиная с 3 статей в 2014 г. до 21 публикации в 2024 г., с максимальным количеством научных работ в 2021 г. ($n = 31$, рис. 2). Несмотря на ежегодное увеличение числа опубликованных исследований (в среднем на 55,1 %), наиболее востребованной осталась работа Chapel J.M. и др. (*American Journal of Preventive Medicine*, 2017), посвященная вопросам распространенности онкологических заболеваний, сердечно-сосудистой патологии и расходам на их лечение [11]. Данная работа за период исследования процитирована 110 раз. Среднее число цитирований всех статей в год невелико, максимальные значения наблюдались в 2017 и 2019 гг. (46,7 и 26,9 цитирования, рис. 2).

За прошедшие 11 лет в общей сложности 104 журнала опубликовали научные материалы по темам, рассматривающим затраты на оказание медицинской помощи онкологическим пациентам. Количество изданных работ в научных изданиях варьировало незначительно. Большинство журналов имело 1 или 2 публикации (90 журналов). 10 самых продуктивных академических изда-

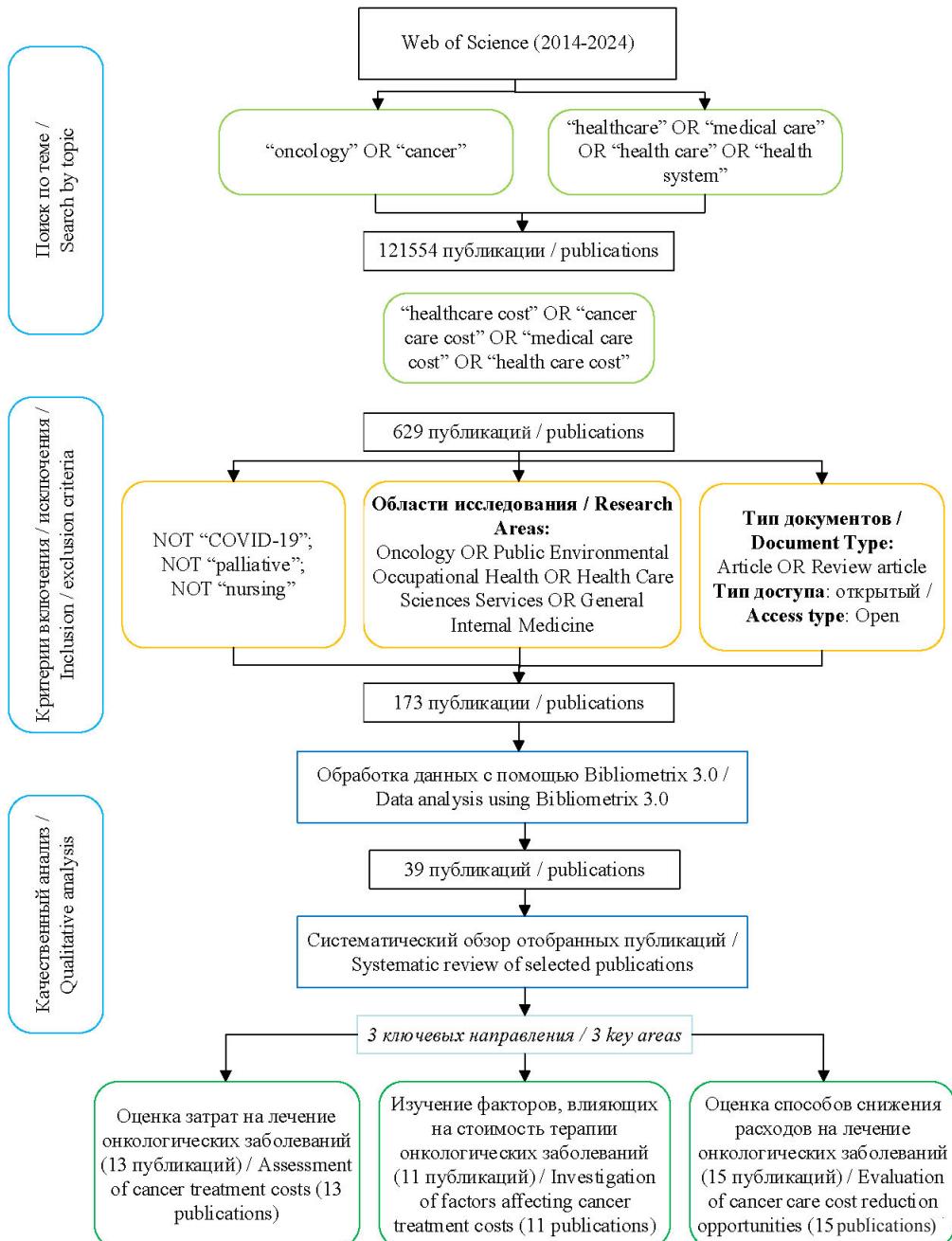


Рис. 1. Схема дизайна исследования
Fig. 1. Study design flowchart

Таблица 1. Основные информационные показатели библиометрического анализа
Table 1. The main information indicators of the conducted bibliometric analysis

Название показателя / Indicators	Значение / Value
Период / Time span	2014–2024
Документы / Documents	173
Источники (журналы, книги и т. д.) / Sources (journals, books, etc.)	104
Ключевые слова / Keywords plus (id)	626
Ключевые слова автора / Author keywords (de)	556
Среднее число цитирований на один документ / Mean number of citations per document	12,6
Авторы / Authors	1142
Количество соавторов на документ / Co-authors per documents	6,9
Международное соавторство, % / International co-authorship, %	23,1

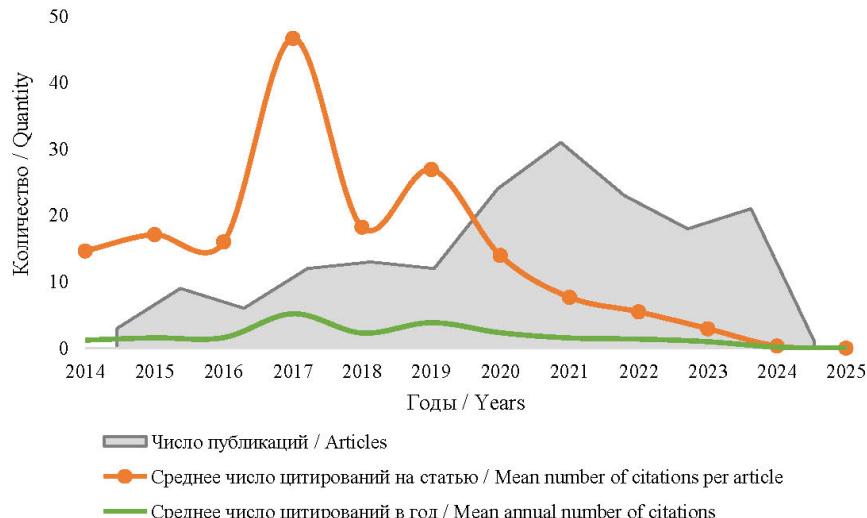


Рис. 2. Количество опубликованных работ и количество цитирований за анализируемый период 2014–2024 гг.
Fig. 2. The number of published articles and their citations, 2014–2024

Таблица 2. Список журналов с наибольшим количеством публикаций и оценка их продуктивности
Table 2. The list of journals with the highest number of publications and their efficiency assessment

Журналы / Journals	Число публикаций / Number of articles	Индекс Хирша / h-index	Общее число цитирований / Total number of citations	Год начала публикаций / Publication start year
BMC Health Services Research	8	5	92	2017
Journal of Medical Economics	7	6	58	2018
BMJ Open	6	3	29	2017
The Cureus Journal of Medical Science	6	2	11	2021
Cancer Medicine	5	3	44	2019
Cancers	5	2	32	2020
International Journal of Environmental Research and Public Health	5	3	24	2020
JAMA Network Open	5	4	112	2019
Journal of Managed Care & Specialty Pharmacy	5	3	34	2016
Oncologist	3	2	22	2021
Cancer	3	2	57	2014
Frontiers in Public Health	3	1	23	2021
Future Oncology	3	3	24	2015
JAMA oncology	3	3	222	2017

ний выпустило в совокупности 55 статей (31,8 %, табл. 2). Максимальное число научных трудов издано в журналах BMC Health services research и Journal of Medical Economics (Великобритания, по 8 и 7 научных работ соответственно). Вышеупомянутые источники также имеют самый высокий индекс Хирша (5 и 6 баллов соответственно). Журнал BMJ Open (Великобритания) немного уступает по числу публикаций (6 опубликованных работ), общее число цитирований академических трудов этого журнала невелико (29 упоминаний). The Cureus Journal of Medical Science (США) напечатал 6 работ по изучаемой тематике, однако они не привлекли внимание научного сообщества: индекс Хирша составил всего 2 балла, а общее число цитирований работ – 11.

Ведущими источниками по совокупному количеству цитирований стали журналы JAMA Oncology (США, 222 цитирований, 3 статьи), Journal of the American Medical Informatics Association (США, 136 цитирований, 1 статья) и JAMA Network Open (США, 112 цитирований, 5 статей).

Научно-исследовательские организации занимают ключевую роль в развитии исследований, формируя академическую траекторию в данной области [9]. Вклад по теме затрат на предоставление онкологической помощи внесла 451 научно-исследовательская организация. Наиболее активно публиковались три университета: Университет Техаса (University of Texas System, США, 33 статьи), Калифорнийский университет (University of California, США, 23 статьи)

и Гарвардский университет (Harvard University, США, 22 статьи). Анализ публикационной активности стран показал, что основная доля научных работ выполнена в США ($n = 94$), Китае ($n = 14$), Австралии ($n = 12$), а также в Канаде и Италии ($n = 10$).

Стратегически важным инструментом взаимодействия между авторами исследовательских материалов, редакторами и читателями выступают ключевые слова, правильный выбор которых имеет существенное значение для видимости и доступности статьи [12, 13]. В текущем анализе проанализированы как ключевые слова автора (*Author Keywords*), так и ключевые слова Плюс (*Keywords Plus*).

Ключевые слова автора – основной элемент публикации, они обобщают основные темы и идеи научного труда, которые авторы считают наиболее важными для понимания их исследования [14, 15]. Их число, как правило, не превышает 6–7 терминов. Облако тегов (рис. 3А) насчитывает 51 ключевое слово (словосочетание), к которым чаще всего прибегали авторы анализируемых работ. Размеры шрифта ключевых слов прямо пропорциональны частоте их встречаемости. Самыми популярными стали фразы «расходы на здравоохранение» (*healthcare cost* или *health care cost*), «рак» (*cancer*), «рак молочной

железы» (*breast cancer*). Стоит отметить, что 8 из 10 наиболее релевантных ключевых терминов впервые использованы авторами в 2019–2020 гг. Ключевое слово «затраты» (*cost*), которое авторы использовали в своих статьях в 2020–2022 гг., в медицинской литературе последних лет употреблялось только в сочетании с другими словами (*health care cost, cost-effectiveness, healthcare cost, cost analysis*).

Ключевые слова Плюс, в отличие от авторских, подразумевают более расширенный подход к выбору фраз. В базе данных Web of Science они используются для повторного поиска публикаций и содействия ученым в нахождении и извлечении более обширной информации о современных исследованиях [16]. Облако ключевых слов, касающихся темы расходов на лечение пациентов с онкологическими заболеваниями, представлено на рис. 4 и отличается от ключевых слов автора как по смысловой нагрузке, так и по частоте упоминания в научных материалах. Среди самых релевантных фраз отмечены «рак» (*cancer*), «результаты» (*outcomes*, число упоминаний – 23 раза), 17 раз упоминаются слова «лечение» (*care*) и «смертность» (*mortality*), а также 16 раз встречается слово «риск» (*risk*). Наиболее популярные термины «рак» и «результаты» впервые упомянуты в статьях



Рис. 3. Облачо тегов релевантных ключевых слов автора по анализируемой тематике

Fig. 3. Tag cloud of relevant author keywords on the topic



Рис. 4. Облако тегов релевантных ключевых слов плюс по анализируемой тематике

Fig. 4. Tag cloud of relevant keywords plus on the topic

в 2019 и в 2018 гг. соответственно, а последнее их использование – в 2022 г. Из списка 15 самых часто упоминаемых ключевых слов Плюс на протяжении 5 лет использовались только 5 («результаты», «смертность», «выживаемость» (*survival*), метаанализ» (*metaanalysis*) и «рак молочной железы»). Такие слова, как «здоровье» (*health*), «приверженность» (*adherence*) и «затраты», использовались авторами непродолжительное время (всего 3 года).

Проведенный анализ выявил значительные различия в употреблении авторских ключевых слов и ключевых слов Плюс. Последние охватывают большее число работ, что позволяет исследователю расширить область научного поиска, с другой стороны, отсутствие конкретизации, как в авторских словах, может сопровождаться появлением статей, не имеющих непосредственного отношения в теме исследования. Поэтому для проведения качественного систематического анализа требуется оценка обоих типов слов.

Анализ совместного употребления ключевых слов позволяет не только выявлять актуальные темы, но и выстраивать более глубокое понимание взаимосвязей между различными аспектами изысканий [17]. В результате проведенного библиометрического анализа построена сеть из 43 ключевых слов плюс, объединенных в 7 независимых кластеров, маркированных соответствующим цветом (рис. 5). Каждый кластер состоит из ключевых слов-узлов, размер каждого узла означает общее число со-впадений конкретного слова (словосочетания), а расстояние между узлами в сети зависит от частоты их совместного появления. Самая многочисленная группа (фиолетового цвета) посвящена вопросам результируемости разных методов терапии ЗНО и их экономическому бремени. Кластер включает в себя 20 различных слов и словосочетаний с множественными связями как между собой, так и с другими группами. Репрезентативными узлами в данном блоке являются слова «рак» и «результаты», которые ассоциированы с такими понятиями, как «смертность», «экономическое бремя» (*economic burden*), а также с основными методами лечения

онкологических заболеваний: «химиотерапия» (*chemotherapy*) и «хирургия» (*surgery*). Вторая группа (синего цвета) значительно уступает по численности, насчитывая всего 6 ключевых фраз, главные из них: «здоровье» (*health*) и «распространенность заболеваний» (*prevalence*), посредством которых осуществляется связь с первым кластером. Главная тема научных статей данного блока – распространенность онкологических заболеваний, приверженность населения лечению и экономическая эффективность. Отдельный интерес представляет комплекс слов, посвященных вопросам качества и стоимости оказания медицинской помощи (на рис. 5 представлен коричневым цветом), состоящий из терминов «влияние» (*impact*), «терапия» (*therapy*), «затраты» (*costs*), «качество» (*quality*) и прочко связанный с самой многочисленной группой. Прочие кластеры, представленные на рис. 5, включают небольшие наборы слов (2–4) и не имеют непосредственного отношения к теме данного обзора.

В качественный анализ вошло 39 полнотекстовых научных статей. Все проанализированные работы можно разделить на три основных направления исследований: оценивание затрат на лечение онкологических заболеваний; изучение влияния различных факторов на финансирование онкологической помощи; вопросы оптимизации затрат на оказание онкологической помощи (табл. 3).

Оценка затрат на лечение онкологических заболеваний. Во многих странах самыми затратными в плане лечения онкологическими заболеваниями являются рак молочной железы (РМЖ), колоректальный рак (КРР) и рак легкого (РЛ) [18]. Это связано с высоким уровнем заболеваемости и смертности от этих видов ЗНО. Диагностика, лечение и реабилитация пациентов с вышеупомянутыми видами рака требуют значительных финансовых вложений, что увеличивает нагрузку на систему здравоохранения [2, 3, 19, 20].

Рак легкого занимает первое место в мире среди онкологических заболеваний как по заболеваемости, так и по смертности, при этом более чем в половине случаев диагностируется на поздних стадиях. РЛ

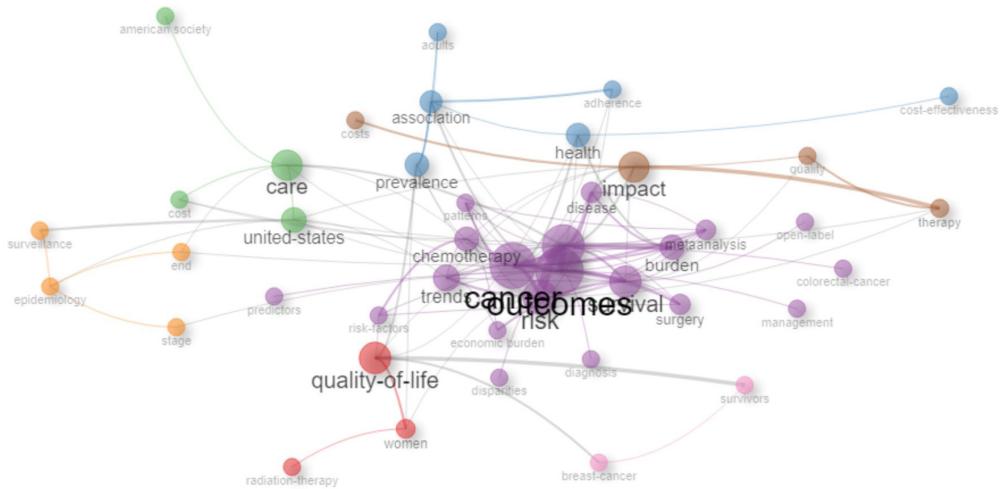


Рис. 5. Анализ совместного употребления ключевых слов плюс по анализируемой тематике
Fig. 5. Co-occurrence analysis of keywords plus

Таблица 3. Основные направления международных публикаций по вопросам оптимизации затрат в онкологической помощи

Table 3. The main directions of international publications on cancer care cost optimization

Направление / Research area	Публикации / Articles	<i>n</i>
Оценка затрат на лечение онкологических заболеваний / Assessment of cancer treatment costs	Altini et al., 2020; Yin et al., 2019; Löfgren et al., 2021; Qian et al., 2022; Espinoza et al., 2022; Watanabe et al., 2021; Wu et al., 2020; Haiderali et al., 2021; Sieluk et al., 2020; Sargazi et al., 2022; Shih et al., 2022; Wang et al., 2023; Gorasso et al., 2024	13
Изучение факторов, влияющих на стоимость терапии онкологических заболеваний / Investigation of factors affecting cancer treatment costs	Hwang et al., 2016; Arrieta et al., 2014; Hall et al., 2015; Pimiento et al., 2021; Wu et al. 2018; Pendritch et al., 2016; Chen et al., 2016; Park et al., 2021; Sun et al., 2015; Lairson et al., 2015; Chen et al., 2018	11
Оценка способов снижения расходов на лечение онкологических заболеваний / Evaluation of cancer care cost reduction opportunities	Hylin et al., 2019; Banegas et al., 2022; Hess et al., 2018; Kypriotakis et al., 2023; Hung et al., 2018; Kristina et al., 2018; Bui et al., 2016; Jensen et al., 2020; Seung et al., 2024; Steer et al., 2023; Franchi et al., 2020; Norum et al., 2018; Palladino et al., 2023; Lin et al., 2020; Stenehjem et al., 2023	15

в Китае имеет самые высокие экономические издержки (15 % от общих расходов на ЗНО), за ним следуют РМЖ (12 %) и КРП (10 %) [20]. Самой высокозатратной онкологической патологией в Бельгии в 2018 г. также стал РЛ, на терапию которого потрачено почти 700 млн евро, за ним следовали РМЖ и КРП (затраты по 300 млн евро) [21]. Аналогичная тенденция наблюдается в Японии [22]. При этом, если сравнивать начальные стадии заболевания, самым дорогостоящим типом ЗНО среди жителей Японии стал КРП, а минимальные по стоимости и срокам госпитализации характерны для пациентов с РМЖ. Стоимость законченного случая коррелировала с продолжительностью госпитализации: чем дольше срок пребывания больного в стационаре, тем выше цена [22–25].

Детальный анализ оказанных медицинских услуг является перспективным и надежным способом как минимизации финансирования на лечение больных с ЗНО, так и улучшения качества лечения пациентов [19]. Тщательная оценка потраченных средств на оказанные медицинские услуги в Италии продемонстрировала, что нерациональные издержки на диагностические манипуляции составляют около 20–30 % от общего объема бюджета, выделяемого на здравоохранение [26]. Количество проводимых лечебно-диагностических процедур в реальной клинической практике часто бывает выше уровня, обозначенного в действующих клинических рекомендациях, что приводит как к росту стоимости каждого нового случая ЗНО, так и к повышению сроков ожидания начала терапии. По результатам исследования, посвященного оценке затрат на оказание помощи пациенткам с РМЖ, выявлено, что в секторе общественного здравоохранения потери, связанные с нерациональными диагностическими мероприятиями, составляют примерно 40 % от объема денежных средств, выделяемых на диагностику РМЖ [26]. В то же время несоблюдение полного алгоритма требуемых обследований на амбулаторном этапе ведет к необходимости выполнять их в условиях стационара, тем самым увеличивая среднее время пребывания на койке и повышая стоимость законченного случая в стационаре.

Изучение факторов, влияющих на стоимость терапии онкологических заболеваний. Влияние возраста на стоимость диагностики и лечения злокачественных новообразований является довольно сложным и неоднозначным вопросом. С одной стороны, более старший возраст сопряжен с наличием сопутствующей патологии, которая повышает время нахождения в стационаре, операционные риски и время восстановления после специализированного медицинского вмешательства [27]. С другой стороны, у лиц молодого возраста средние расходы на лечение часто находятся на высоком уровне, что обусловлено тенденцией молодых онкологических больных искать более агрессивную хирургическую помощь и адъювантную терапию по сравнению с больными старшего возраста [4, 28].

Ретроспективный анализ данных пациентов с раком анального канала, проведенный в 2020 г., доказал ассоциированность высокой цены законченного случая лечения с мужским полом и высоким индексом коморбидности [27]. Несколько годами ранее (2016 г.) корейскими специалистами выполнена работа, позволившая оценить стоимость терапии больных последнего года жизни, по результатам которого оказалось, что лица молодого возраста (≤ 20 лет) тратят большую долю личных средств на попытки излечить ЗНО, нежели лица старше 70 лет [4].

Сопутствующие заболевания влияют на выбор методов лечения и продолжительность госпитализации. В исследовании 2022 г. проанализирована связь между сердечной недостаточностью (СН) и результатами госпитализации среди пациентов с РМЖ и установлено, что женщины с СН имеют повышенный уровень смертности (на 65 %), на 22 % выше длительность госпитализации и более высокую стоимость пребывания в стационаре (на 1454 доллара США) [29]. Эта тема является особенно актуальной, учитывая высокую кардиотоксичность некоторых лекарственных препаратов, применяемых для терапии ЗНО. Поэтому для улучшения результатов проводимой медицинской помощи необходим мультидисциплинарный подход [29, 30].

При принятии решения о назначении терапии нужно оценивать не только ее результаты, но

и связанные с ней финансовые затраты. Важно найти баланс между стоимостью и качеством проводимой медицинской помощи, чтобы обеспечить пациентам ее своевременную доступность, сохраняя при этом высокие стандарты. Высокое экономическое бремя РМЖ побудило группу ученых сравнить экономическую и клиническую эффективность различных схем химиотерапии у пожилых пациенток (старше 70 лет) с диагнозом РМЖ. Им удалось установить, что химиотерапия на основе антрациклинов оказалась экономически эффективной для терапии РМЖ на ранней стадии у пожилых по сравнению с химиотерапией без антрациклинов и отсутствием какой-либо химиотерапии [31].

Ретроспективный анализ данных, выполненный в Китае в 2018 г., показал, что на стоимость законченного случая лечения рака прямой кишки в стационаре наиболее значимо влияют заболевания сердечно-сосудистой системы и наличие колостомы. Для сокращения времени пребывания в стационаре и снижения уровня финансовых потерь необходимо разрабатывать персонализированные подходы к терапии и предупреждать возможные осложнения [32, 33].

Одним из основных предикторов высокой стоимости медицинских услуг во многих странах является стадия онкологического заболевания [34]. Так, средние издержки на лечение немелкоклеточного рака легкого (НМРЛ) в Мексике варьировали от 13,5 тыс. долларов США при I стадии до 144,5 тыс. долларов США при IV стадии (разница более чем в десять раз), при этом на терапию метастатического НМРЛ потрачено 96 % от общего объема финансирования [35]. Ученые из Канады провели подобное по дизайну исследование и оценили издержки на предоставление онкологической помощи женщинам с раком шейки матки (РШМ), подсчитав, что годовые расходы для лиц женского пола, которые умерли от РШМ в течение года после постановки диагноза, в два раза выше, чем для пациенток, проживших не менее года (69,1 и 34,6 тыс. долларов США соответственно). Это обусловлено несколькими факторами: в группе проживших менее года с момента постановки диагноза ЗНО отмечалась большая частота запущенных стадий РШМ, выше длительность пребывания в стационаре и интенсивность лечения [36]. В Иране в 2022 г. специалисты оценили издержки на оказание медицинской помощи женщинам с наиболее распространенными типами ЗНО женской репродуктивной системы и определили наиболее затратные стадии для каждого из них. Для РШМ самой дорогой оказалась II стадия, она чаще встречалась среди больных (38,9 %), а основной метод лечения, применяемый у пациенток (химиолучевая терапия), требует больших затрат. Среди женщин, страдающих от рака яичников, у 41,3 % (подавляющее большинство) диагноз выявлен на III стадии, а назначенные противоопухолевые препараты являлись высокозатратными. А вот для рака эндометрия (РЭ) наибольшее число расходов направлено лечение женщин с I стадией (доля в общей заболеваемости РЭ 57,8 %), посколь-

ку на I стадии РЭ требуется комплексный подход (сочетание операции и химиолучевой терапии) [37].

Время наступления прогрессирования онкологического заболевания, также может оказывать существенное влияние на стоимость терапии. Vanegas et al. (2022) в своей работе показали, что на лечение пациентов с ранним рецидивом тратится больше средств по сравнению с больными, у которых рецидив наступил более чем через год [2]. Таким образом, при планировании бюджета на медицинское обслуживание больных с метастатическим ЗНО следует учитывать не только стадию заболевания, но и время наступления рецидива [2, 38].

В литературе часто обсуждается вопрос назначения нутритивной поддержки пациентам с опухолями желудочно-кишечного тракта с целью улучшить исход лечения и снизить частоту нежелательных явлений после его проведения. Систематический анализ публикаций, изучающих вопросы питания, позволил установить, что раннее энтеральное питание (в первые 48 часов после операции) снижает среднее время пребывания в стационаре на срок от 3 до 6 дней и помогает сэкономить в год до 224 млн долларов США [39]. Данный аспект особенно важен, поскольку КРР входит в число самых распространенных типов ЗНО как в РФ, так и во всем мире.

Оценка способов снижения расходов на лечение онкологических заболеваний. Снижение уровня первичной заболеваемости ЗНО – одна из задач, которую ставят перед собой многие национальные программы здравоохранения. В частности, в программе Healthy People 2020 одна из заявленных целей – сокращение заболеваемости инвазивным КРР на 15 %. Исследовательский проект, направленный на изучение этого вопроса, показал, что достижение целевых показателей заболеваемости инвазивным КРР потенциально сэкономит около 150 000 человеко-лет и 624 млн долларов США [40].

Одним из самых серьезных типов ЗНО в Норвегии являются онкологические заболевания, ассоциированные с вирусом папилломы человека (ВПЧ), среднегодовые затраты на медицинскую помощь которых составляют более 37 млн евро. Авторы исследования из университета Осло совместно со специалистами из Гарвардской школы общественного здравоохранения провели анализ, согласно которому внедрение вакцинопрофилактики и программ скрининга 6 основных типов ЗНО, ассоциированных с ВПЧ (РШМ, влагалища, вульвы, полового члена, анального канала и ротоглотки), позволит существенно сократить финансовые потери, обусловленные их лечением [36, 41].

Постоянное употребление табака ассоциировано не только с высокой заболеваемостью и смертностью, но и со значительными издержками на здравоохранение из-за повышающегося уровня рисков и осложнений [35, 42, 43]. В Индонезии около 21,6 % всех хронических неинфекционных заболеваний, в числе которых ЗНО (5,5 %), обусловлено курением [44]. Принимая во внимание актуальность данной темы, в 2024 г. выполнен проект, анализирующий

взаимосвязи между воздержанием от курения (по сравнению с продолжением курения) и расходами на здравоохранение у пациентов с ЗНО. Авторы работы доказали, что отказ от курения способствует снижению затрат среднем на 17 %, помимо этого, дополнительно снижаются расходы на здравоохранение и улучшается качество жизни после отказа от курения. Положительные эффекты будут возрастать по мере увеличения времени прекращения табакокурения [43].

Ученые Копенгагенского Университета в 2020 г. провели оценку влияния массового скрининга РЛ методом компьютерной томографии (КТ) на использование ресурсов системы здравоохранения. Был сформулирован вывод, что для проведения КТ-скрининга объем финансирования в сфере здравоохранения пришлось увеличить на 60 %, при этом значительная часть дополнительно выделенных средств (~52 %) – косвенные расходы (тесты функции легких, консультирования по вопросам курения и т. д.) и только лишь 12 % можно отнести к большему количеству случаев РЛ в группе КТ. Кроме того, отмечалась высокая степень гипердиагностики (67,2 %), что также способствовало дополнительным обследованиям и увеличению расходуемых средств.

Канадские ученые изучили разницу между контрольным выполнением колоноскопии (действующая практика) и стандартным FIT-тестом для пациентов из группы риска развития КРР. В результате сформулированы выводы о том, что возврат к скринингу FIT не приведет к росту риска возникновения КРР, но при этом частота выполнения колоноскопии сократится ~ на 20 %, а расходы уменьшатся примерно на 3,4 млн долларов США [45].

Противоопухолевую лекарственную терапию относят к одним из самых дорогостоящих методов лечения. В Китае на противораковые препараты выделяется большая доля денежных средств как в стационаре (37,7 %), так и на амбулаторном этапе (64,6 %) [20]. При выборе между способами противоопухолевого лечения с похожими профилями эффективности и токсичности все большее значение приобретают стоимостные факторы.

Hess et al. (2018) провели исследование, изучающее расходование лекарственных средств и затраты системы здравоохранения при уходе за пациентами с НМРЛ [46]. Авторы заключили, что потери неиспользованных медикаментов составляют в среднем 4,4 % и 1964 доллара США на каждого больного [46]. Анализ этих данных позволили сделать вывод, что фармацевты и врачи могут уменьшить потери лекарственных препаратов за счет подбора оптимальных сочетаний форм выпуска и посредством их совместного использования между несколькими пациентами [46, 47].

Внедрение новых схем противоопухолевой лекарственной терапии зачастую сопровождается опасениями и нежеланием врачей назначать их, что объясняется высокой стоимостью препаратов [48, 49]. Например, оценка влияния на бюджет использования энзалутамида в рутинной врачебной практике показала, что добавление препарата к уже имеющейся терапии увеличивает расходы

на лечение пациентов с раком предстательной железы примерно на 7,7 %, но при этом у больных существенно возрастают показатели общей выживаемости, снижается частота и тяжесть нежелательных явлений, улучшается качество жизни и сокращается количество потерянных лет потенциальной жизни в результате смерти от рака предстательной железы. Поэтому указанные факторы необходимо учитывать при подборе терапии и определении тактики ведения пациента [50–52].

Обсуждение. Выполненный систематический обзор продемонстрировал актуальность поиска путей эффективного использования финансовых ресурсов при оказании онкологической помощи в зарубежной литературе. Большое число исследований (табл. 3) подтверждает важную роль ранней выявляемости онкологических заболеваний и снижения их экономического бремени. Необходимо рассмотреть возможность внедрения более целенаправленных и экономически обоснованных профилактических мероприятий [1, 53]. Для скрининговых программ необходимо улучшить критерии отбора пациентов, проводить более детальную оценку их состояния здоровья и индивидуальных факторов риска, а также внедрять высокочувствительные методы обследования, которые не только позволят уменьшить число гипердиагностики ЗНО, но и будут менее затратными [42, 53, 54].

В условиях ограниченного финансирования медицинские организации и страховые компании вынуждены искать баланс между эффективностью проводимой терапии и ее стоимостью. Это особенно важно при выборе схем лечения для онкологических больных, поскольку лечение таких заболеваний часто требует значительных ресурсов [30, 36, 37].

В рамках проведенного обзора можно также выделить основные стратегически важные направления оптимизации расходов на терапию онкологических заболеваний (рис. 6): применение современных технологий, интеграция междисциплинарных подходов, персонализированный подход в лечении, фармакоэкономический анализ, совершенствование моделей финансирования на основе результатов. Внедрение этих направлений создаст более устойчивую и эффективную систему оказания медицинской помощи онкологическим больным, улучшая исходы и повышая удовлетворенность пациентов. Это требует скоординированных усилий всех участников системы здравоохранения – от государственных органов до частных лечебных учреждений и пациентов [7, 55]. Только совместные действия всех заинтересованных стейкхолдеров позволят создать эффективную и устойчивую систему здравоохранения, способную отвечать на вызовы времени и обеспечивать высокое качество медицинской помощи.

Подобные исследования могут стать основой для дальнейших клинических рекомендаций и протоколов лечения, что поможет врачам принимать обоснованные решения и предоставлять наиболее эффективные варианты терапии, а организаторам здравоохранения провести своевременное планирование необходимых для этого ресурсов [31].

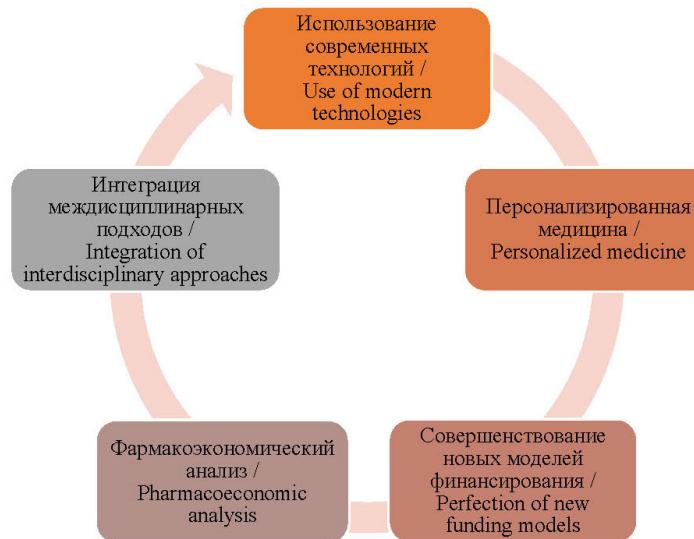


Рис. 6. Основные направления оптимизации расходов на терапию онкологических заболеваний
Fig. 6. The main directions of optimizing cancer care costs

Заключение. В данной статье определены ключевые направления оптимизации затрат на оказание медицинской помощи онкологическим пациентам, сформулированные на глубоком и всестороннем анализе международных исследований. По результатам систематического обзора определены эффективные стратегии и практики, которые позволят не только рационально использовать финансовые ресурсы, но и повысить качество медицинского обслуживания, что в итоге приведет к улучшению качества жизни и здоровья пациентов. В современных реалиях необходим тщательный анализ эффективности и безопасности доступных вариантов терапии, чтобы обеспечить наилучший результат при минимальных издержках. Это позволит определить наиболее выгодные методы лечения с точки зрения как финансовых затрат, так и клинических результатов. Кроме того, такой подход поможет избежать необоснованных потерь денежных средств и оптимизировать использование ресурсов здравоохранения. Результаты проведенного исследования также могут быть полезны для органов управления здравоохранением, лечебных учреждений и страховых компаний при разработке стратегий и программ по оптимизации расходов на лечение онкологических заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Андреев Д.А., Полякова К.И., Завьялов А.А. и др. Основные направления анализа экономических затрат при оказании онкологической помощи населению // Фармакоэкономика. Современная Фармакоэкономика и Фармакоэпидемиология. 2019. Т. 12. № 4. С. 310–317. doi: 10.17749/2070-4909.2019.12.4.310-317
Andreev DA, Polyakova KI, Zavyalov AA, et al. Crucial areas of the economic analysis of public cancer care. *Farmakoekonomika. Sovremenaya Farmakoekonomika i Farmakoepidemiologiya*. 2019;12(4):310-317. (In Russ.) doi: 10.17749/2070-4909.2019.12.4.310-317
2. Banegas MP, Hassett MJ, Keast EM, et al. Patterns of medical care cost by service type for patients with recurrent and de novo advanced cancer. *Value Health*. 2022;25(1):69-76. doi: 10.1016/j.jval.2021.06.016
3. Espinoza MA, Armijo N, Abbott T, Jiménez J, Balmaceda C. The expected cost of cancer in Chile. *Rev Med Chil*. 2022;150(11):1438-1449. (In Spanish.) doi: 10.4067/s0034-98872022001101438
4. Hwang I, Shin DW, Kang KH, Yang HK, Kim SY, Park JH. Medical costs and healthcare utilization among cancer decedents in the last year of life in 2009. *Cancer Res Treat*. 2016;48(1):365-375. doi: 10.4143/crt.2014.088
5. Достижение благополучия: глобальная программа по обеспечению учета вопросов благополучия в общественном здравоохранении на основе концепции укрепления здоровья населения. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2024 г. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/health-promotion/russian_framework4wellbeing_05092023.pdf?sfvrsn=c602e78f_29&download=true
World Health Organization. *Achieving Well-Being: A Global Framework for Integrating Well-Being into Public Health Utilizing a Health Promotion Approach*. Geneva: WHO; 2023. Accessed April 3, 2025. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/health-promotion/framework4wellbeing-\(draft\).pdf?sfvrsn=c602e78f_29&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/health-promotion/framework4wellbeing-(draft).pdf?sfvrsn=c602e78f_29&download=true)
6. Андреев Д.А., Завьялов А.А., Ермолова Т.Н. Методология оценки затрат системы здравоохранения на оказание онкологической помощи // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 2. С. 125–134. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-2-125-134
Andreev DA, Zavyalov AA, Ermolova TN. Methodological outlines for assessing the costs of cancer patients care. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(2):125-134. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-2-125-134
7. Куделина О.В., Канева М.А. Капитал здоровья и эффективность региональных систем здравоохранения: соответствия и противоречия // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. Т. 30. № 1. С. 24–32. doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-1-24-32
Kudelina OV, Kaneva MA. The health capital and efficiency of regional health care systems: The conformances and contradictions. *Problemy Sotsial'noy Gigienny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2022;30(1):24-32. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2022-30-1-24-32
8. Passas I. Bibliometric analysis: The main steps. *Encyclopedia*. 2024;4(2):1014-1025. doi: 10.3390/encyclopedia4020065

9. Almobarak F. Bibliometric analysis of global research in palliative care for cervical cancer. *Front Oncol.* 2024;14:1432805. doi: 10.3389/fonc.2024.1432805
10. Manoj Kumar L, George RJ, PSA. Bibliometric analysis for medical research. *Indian J Psychol Med.* 2023;45(3):277-282. doi: 10.1177/02537176221103617
11. Chapel JM, Ritchey MD, Zhang D, Wang G. Prevalence and medical costs of chronic diseases among adult Medicaid beneficiaries. *Am J Prev Med.* 2017;53(6S2):S143-S154. doi: 10.1016/j.amepre.2017.07.019
12. Kokol P, Blažun Vošner H, Završnik J. Application of bibliometrics in medicine: A historical bibliometrics analysis. *Health Info Libr J.* 2021;38(2):125-138. doi: 10.1111/hir.12295
13. Aria M, Cuccurullo C. *bibliometrix*: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J Informetr.* 2017;11(4):959-975. doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007
14. Lu W, Liu Z, Huang Y, Bu Y, Li X, Cheng Q. How do authors select keywords? A preliminary study of author keyword selection behavior. *J Informetr.* 2020;14(4):101066. doi: 10.1016/j.joi.2020.101066
15. Huang L, Chen X, Ni X, Liu J, Cao X, Wang C. Tracking the dynamics of co-word networks for emerging topic identification. *Technol Forecast Soc Change.* 2021;170:120944. doi: 10.1016/j.techfore.2021.120944
16. Zhang J, Yu Q, Zheng F, Long C, Lu Z, Duan Z. Comparing keywords plus of WOS and author keywords: A case study of patient adherence research. *J Assoc Inf Sci Tech.* 2016;67(4):967-972. doi: 10.1002/asi.23437
17. Xu H, Wang L, Xu D. Global publication productivity and research trends on recurrent ovarian cancer: A bibliometric study. *Front Oncol.* 2024;14:1422213. doi: 10.3389/fonc.2024.1422213
18. Wang T, Li Y, Zheng X. Cost-effectiveness of the combination of immunotherapy and chemotherapy for extensive-stage small-cell lung cancer: A systematic review. *BMC Health Serv Res.* 2023;23(1):691. doi: 10.1186/s12913-023-09727-7
19. Altini M, Solinas L, Bucchi L, et al. Assessment of cancer care costs in disease-specific cancer care pathways. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):4765. doi: 10.3390/ijerph17134765
20. Yin X, Xu Y, Man X, et al. Direct costs of both inpatient and outpatient care for all type cancers: The evidence from Beijing, China. *Cancer Med.* 2019;8(6):3250-3260. doi: 10.1002/cam4.2184
21. Gorasso V, Vandevijvere S, Van der Heyden J, et al. The incremental healthcare cost associated with cancer in Belgium: A registry-based data analysis. *Cancer Med.* 2024;13(3):e6659. doi: 10.1002/cam4.6659
22. Watanabe T, Goto R, Yamamoto Y, Ichinose Y, Higashi T. First-year healthcare resource utilization costs of five major cancers in Japan. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(18):9447. doi: 10.3390/ijerph18189447
23. Wu SW, Pan Q, Chen T. Research on diagnosis-related group grouping of inpatient medical expenditure in colorectal cancer patients based on a decision tree model. *World J Clin Cases.* 2020;8(12):2484-2493. doi: 10.12998/wjcc.v8.i12.2484
24. Haiderali A, Rhodes WC, Gautam S, et al. Healthcare resource utilization and cost among patients treated for early-stage triple-negative breast cancer. *Future Oncol.* 2021;17(29):3833-3841. doi: 10.2217/fon-2021-0531
25. Sieluk J, Haiderali A, Huang M, Yang L, Hirshfield KM. Early triple-negative breast cancer in women aged ≥ 65 : Retrospective study of outcomes, resource use and costs, 2010-2016. *Future Oncol.* 2021;17(9):1039-1054. doi: 10.2217/fon-2020-0996
26. Massa I, Balzi W, Burattini C, et al. The challenge of sustainability in healthcare systems: Frequency and cost of inappropriate patterns of breast cancer care (the E.Pic.A study). *Breast.* 2017;34:103-107. doi: 10.1016/j.breast.2017.05.007
27. Wu CF, Xu L, Fu S, Peng HL, Messick CA, Lairson DR. Health care costs of anal cancer in a commercially insured population in the United States. *J Manag Care Spec Pharm.* 2018;24(11):1156-1164. doi: 10.18553/jmcp.2018.24.11.1156
28. Hall PS, Hamilton P, Hulme CT, et al. Costs of cancer care for use in economic evaluation: A UK analysis of patient-level routine health system data. *Br J Cancer.* 2015;112(5):948-956. doi: 10.1038/bjc.2014.644
29. Park C, Park SK, Upshaw JN, Schonberg MA. In-hospital mortality, length of stay and hospital costs for hospitalized breast cancer patients with comorbid heart failure in the USA. *Curr Med Res Opin.* 2021;37(12):2043-2047. doi: 10.1080/03007995.2021.1980775
30. Sun SX, Leung AN, Dillon PW, Hollenbeak CS. Length of stay and readmissions in mastectomy patients. *Breast J.* 2015;21(5):526-532. doi: 10.1111/tbj.12442
31. Lairson DR, Parikh RC, Cormier JN, Chan W, Du XL. Cost-effectiveness of chemotherapy for breast cancer and age effect in older women. *Value Health.* 2015;18(8):1070-1078. doi: 10.1016/j.jval.2015.08.008
32. Chen Z, Leng J, Gao G, Zhang L, Yang Y. Direct inpatient costs and influencing factors for patients with rectal cancer with low anterior resection: A retrospective observational study at a three-tertiary hospital in Beijing, China. *BMJ Open.* 2018;8(12):e023116. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023116
33. Löfgren A, Åkesson O, Johansson J, Persson J. Hospital costs and health-related quality of life from complications after esophagectomy. *Eur J Surg Oncol.* 2021;47(5):1042-1047. doi: 10.1016/j.ejso.2020.09.032
34. Qian MF, Betancourt NJ, Pineda A, et al. Health care utilization and costs in systemic therapies for metastatic melanoma from 2016 to 2020. *Oncologist.* 2023;28(3):268-275. doi: 10.1093/oncolo/oyac219
35. Arrieta O, Quintana-Carrillo RH, Ahumada-Curiel G, et al. Medical care costs incurred by patients with smoking-related non-small cell lung cancer treated at the National Cancer Institute of Mexico. *Tob Induc Dis.* 2015;12(1):25. doi: 10.1186/s12971-014-0025-4
36. Pendrith C, Thind A, Zaric GS, Sarma S. Costs of cervical cancer treatment: Population-based estimates from Ontario. *Curr Oncol.* 2016;23(2):e109-e115. doi: 10.3747/co.23.2598
37. Sargazi N, Daroudi R, Zendehdel K, et al. Economic burden of gynecological cancers in Iran. *Value Health Reg Issues.* 2022;28:1-6. doi: 10.1016/j.vhri.2021.02.005
38. Chen HM, Chen JH, Chiang SC, Lin YC, Ko Y. An evaluation of the healthcare costs of metastatic breast cancer: A retrospective matched cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(43):e27567. doi: 10.1097/md.00000000000027567
39. Pimiento JM, Evans DC, Tyler R, et al.; ASPEN Value Project Scientific Advisory Council. Value of nutrition support therapy in patients with gastrointestinal malignancies: A narrative review and health economic analysis of impact on clinical outcomes in the United States. *J Gastrointest Oncol.* 2021;12(2):864-873. doi: 10.21037/jgo-20-326
40. Hung MC, Ekwueme DU, White A, et al. Estimating health benefits and cost-savings for achieving the Healthy People 2020 objective of reducing invasive colorectal cancer. *Prev Med.* 2018;106:38-44. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.09.022

41. Hylin H, Thrane H, Pedersen K, Kristiansen IS, Burger EA. The healthcare costs of treating human papillomavirus-related cancers in Norway. *BMC Cancer*. 2019;19(1):426. doi: 10.1186/s12885-019-5596-2
42. Jensen MD, Siersma V, Rasmussen JF, Brodersen J. Direct and indirect healthcare costs of lung cancer CT screening in Denmark: A registry study. *BMJ Open*. 2020;10(1):e031768. doi: 10.1136/bmjopen-2019-031768
43. Kyriakakis G, Kim S, Karam-Hage M, et al. Examining the association between abstinence from smoking and healthcare costs among patients with cancer. *Cancer Prev Res (Phila)*. 2024;17(5):217-225. doi: 10.1158/1940-6207.capr-23-0245
44. Kristina SA, Endarti D, Wiedyaningsih C, Fahamsya A, Faizah N. Health care cost of noncommunicable diseases related to smoking in Indonesia, 2015. *Asia Pac J Public Health*. 2018;30(1):29-35. doi: 10.1177/1010539517751311
45. Steer KJ, Sun Z, Sadowski DC, et al. The impact on clinical outcomes and healthcare resources from discontinuing colonoscopy surveillance subsequent to low-risk adenoma removal: A simulation study using the OncoSim-Colorectal model. *J Med Screen*. 2024;31(2):78-84. doi: 10.1177/09691413231202877
46. Hess LM, Cui ZL, Li XI, Oton AB, Shortenhaus S, Watson IA. Drug wastage and costs to the healthcare system in the care of patients with non-small cell lung cancer in the United States. *J Med Econ*. 2018;21(8):755-761. doi: 10.1080/13696998.2018.1467918
47. Palladino S, Perrone V, Giacomini E, et al. Real-world analysis of the economic and therapeutic burden in advanced breast cancer patients in Italy. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*. 2023;23(9):1041-1048. doi: 10.1080/14737167.2023.2234637
48. Lin HM, Pan X, Hou P, et al. Economic burden in patients with ALK+non-small cell lung cancer, with or without brain metastases, receiving second-line ana-
- plastic lymphoma kinase (ALK) inhibitors. *J Med Econ*. 2020;23(8):894-901. doi: 10.1080/13696998.2020.1762620
49. Chen P, Liu Y, Wen Y, Zhou C. Non-small cell lung cancer in China. *Cancer Commun (Lond)*. 2022;42(10):937-970. doi: 10.1002/cac2.12359
50. Bui CN, O'Day K, Flanders S, et al. Budget impact of enzalutamide for chemotherapy-naïve metastatic castration-resistant prostate cancer. *J Manag Care Spec Pharm*. 2016;22(2):163-170. doi: 10.18553/jmcp.2016.22.2.163
51. Franchi M, Tritto R, Torroni L, Reno C, La Vecchia C, Corrao G. Effectiveness and healthcare cost of adding trastuzumab to standard chemotherapy for first-line treatment of metastatic gastric cancer: A population-based cohort study. *Cancers (Basel)*. 2020;12(6):1691. doi: 10.3390/cancers12061691
52. Stenehjem D, Lubinga SJ, Wu A, Betts KA. Adverse event costs associated with first-line therapy for advanced non-small cell lung cancer in the United States: An analysis of clinical trials of immune checkpoint inhibitors. *J Manag Care Spec Pharm*. 2023;29(9):1054-1064. doi: 10.18553/jmcp.2023.29.9.1054
53. Norum J, Grindeland EM, Heramb C, et al. BRCA mutation carrier detection. A model-based cost-effectiveness analysis comparing the traditional family history approach and the testing of all patients with breast cancer. *ESMO Open*. 2018;3(3):e000328. doi: 10.1136/esmoopen-2018-000328
54. Seung SJ, Mittmann N, Ante Z, et al. Evaluating real world health system resource utilization and costs for a risk-based breast cancer screening approach in the Canadian PERSPECTIVE Integration and Implementation Project. *Cancers (Basel)*. 2024;16(18):3189. doi: 10.3390/cancers16183189
55. Shih YCT, Xu Y, Bradley C, Giordano SH, Yao J, Yabroff KR. Costs around the first year of diagnosis for 4 common cancers among the privately insured. *J Natl Cancer Inst*. 2022;114(10):1392-1399. doi: 10.1093/jnci/djac141

Сведения об авторах:

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

Гамирова Кристина Анатольевна – аспирант кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: cristine@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7947-360X>.

Шерязданова Динара Нурлановна – к.м.н., ассоциированный профессор кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет; e-mail: sheryazdanova.dinara@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9029-4326>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, обзор литературы: Куделина О.В., Гамирова К.А.; сбор данных, статистическая обработка материала: Гамирова К.А., Шерязданова Д.Н.; интерпретация данных: Куделина О.В., Гамирова К.А.; подготовка проекта рукописи: Куделина О.В., Гамирова К.А., Шерязданова Д.Н. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения этического комитета.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 10.02.25 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

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

Kristina A. Gamirova, Postgraduate Student, Department of Healthcare Organization and Public Health, Siberian State Medical University; e-mail: cristine@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7947-360X>.

Dinara N. Sheryazdanova, PhD, Assoc. Prof., Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University; e-mail: sheryazdanova.dinara@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9029-4326>.

Author contributions: study conception and design, bibliography compilation and referencing: Kudelina O.V., Gamirova K.A.; data collection, statistical data analysis: Gamirova K.A., Sheryazdanova D.N.; data interpretation: Kudelina O.V., Gamirova K.A.; draft manuscript preparation: Kudelina O.V., Gamirova K.A., Sheryazdanova D.N. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

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

Received: February 10, 2025 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Моделирование диахронных изменений длины тела взрослого населения России в связи с колебаниями социально-экономических и демографических показателей в начале XXI в.

А.А. Хафизова, С.Н. Зимина, М.А. Негашева

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
Ленинские горы, д. 1, стр. 12, г. Москва, 119234, Российская Федерация

Резюме

Введение. Дефинитивная длина тела зависит от комплексного воздействия различных факторов внешней среды на протяжении всего периода роста, что делает ее чувствительным биомаркером уровня жизни и здоровья на индивидуальном и популяционном уровнях. В контексте изучения пространственно-временной изменчивости длины тела особую значимость приобретают исследования, позволяющие определить средовые показатели, оказывающие наибольшее влияние на соматический статус и общий уровень здоровья населения.

Цель исследования: разработка математической модели секулярной динамики дефинитивной длины тела молодых мужчин и женщин России 1967–2000 гг. рождения.

Материалы и методы. В работе использован комплекс антропометрических, социально-экономических и демографических данных из открытых источников. Для анализа секулярной изменчивости сравнивались дефинитивные значения длины тела между соседними когортами рождения. Для определения дифференцированного влияния факторов внешней среды на секулярные изменения длины тела проводилась оценка взаимосвязей между группами с восходящей или нисходящей временной динамикой длины тела и средними значениями прокси-переменных внешних факторов.

Результаты. Установлено, что различия длины тела между демографическими когортами связаны с изменениями коэффициента экономического неравенства (коэффициент Джини), уровня потребления животного белка и ожидаемой продолжительности жизни. Если уровень потребления животного белка на душу населения для представителей определенной когорты будет в среднем выше 50,8 г/день у мужчин и 49,7 г/день у женщин в течение периода роста, то длина тела у них будет больше, чем у сверстников, рожденных годом ранее.

Заключение. Предложена оригинальная вероятностная модель взаимосвязей диахронных изменений длины тела взрослого населения России с колебаниями социально-экономических показателей в начале XXI в., отражающая наибольшее влияние экономического неравенства, питания и уровня здоровья населения.

Ключевые слова: длина тела, секулярный тренд, социально-экономические факторы, популяционное здоровье, питание.

Для цитирования: Хафизова А.А., Зимина С.Н., Негашева М.А. Моделирование диахронных изменений длины тела взрослого населения России в связи с колебаниями социально-экономических и демографических показателей в начале XXI в. // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 19–28. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-19-28

Modeling of Diachronic Changes in Adult Body Height in Relation to Fluctuations in Socioeconomic and Demographic Indicators in Russia at the Turn of the 21st Century

Ainur A. Khafizova, Sofya N. Zimina, Marina A. Negashova

Lomonosov Moscow State University, Bldg 12, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Summary

Introduction: Adult body height is influenced by various environmental factors throughout the entire period of growth, which makes it a sensitive biomarker of living standards and health at individual and population levels. In the context of establishing the spatiotemporal variation of body height, the studies of exogenous determinants exerting the greatest impact on the somatic status and general health of the population gain special importance.

Objective: To develop a mathematical model of the secular dynamics in adult body height of Russian males and females born in 1967–2000.

Materials and methods: We used a set of anthropometric, socioeconomic, and demographic data from open sources. To analyze secular changes, we compared mean values of adult height between the neighboring birth cohorts. To determine the differential influence of exogenous factors on secular changes in body height, we assessed associations between groups with ascending or descending temporal dynamics of this measurement and the means of proxy variables for exogenous factors.

Results: We found that differences in body height between birth cohorts were associated with changes in the coefficient of economic inequality (Gini coefficient), the level of animal protein consumption, and life expectancy at birth. If daily per capita intake of animal protein by representatives of a certain birth cohort was on average more than 50.8 g for males and 49.7 g for females during the whole growth period, then they would be higher than their peers born in the previous year.

Conclusions: We propose an original probabilistic model of the relationships between fluctuations in socioeconomic indicators and diachronic changes in adult body height in Russia at the turn of the 21st century that reflects the greatest impact of economic inequality, nutrition and population health status on secular trend.

Keywords: height, secular trend, socioeconomic factors, population health, nutrition.

Cite as: Khafizova AA, Zimina SN, Negashova MA. Modeling of diachronic changes in adult body height in relation to fluctuations in socioeconomic and demographic indicators in Russia at the turn of the 21st century. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):19–28. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-19-28

Введение. Дефинитивная длина тела традиционно рассматривается как интегральный антропометрический показатель, отражающий кумулятивный эффект экзогенных (средовых) факторов (экологических, социально-экономических, эпидемиологических, нутрициологических, психоэмоциональных и др.), действующих на протяжении всего периода роста и развития организма (от пренатальной стадии до достижения дефинитивных размеров тела в конце юношеского периода онтогенеза) [1–5].

Пластичность процесса роста позволяет организму адаптироваться к изменяющимся условиям среды и в определенные интервалы восходящего онтогенеза компенсировать воздействие неблагоприятных факторов на развивающийся организм [2]. Существуют также критические периоды, в течение которых негативный энергетический баланс, обусловленный недостатком питательных веществ, заболеваниями, чрезмерными физическими нагрузками или иными стрессовыми ситуациями, необратимо влияют на развитие [2, 6–10]. Следовательно, условия внешней среды могут либо дать возможность полностью реализовать генетический потенциал роста (и, в случае длины тела, достигнуть максимально возможных значений), либо ограничить его реализацию из-за недостатка тех или иных ресурсов и составляющих здоровой среды. В связи с этим окончательные (дефинитивные, взрослые) значения показателей телосложения, в частности длины тела, рассматриваются как непосредственный результат онтогенетического развертывания наследственной программы в определенных условиях, что позволяет использовать их в качестве чувствительных биомаркеров, отражающих комплексное воздействие факторов, детерминирующих здоровье и связанных с условиями жизни конкретного индивидуума или группы людей (например, населения региона или страны, демографической когорты и проч.), в течение роста [11–14]. Вопрос, какие именно факторы внешней среды и в какой степени влияют на реализацию наследственной программы достижения дефинитивной длины тела, является ключевым для оценки здоровья на всех этапах восходящего онтогенеза.

В течение XX в. для населения большинства стран мира зафиксировано увеличение средних значений дефинитивной длины тела в ряду поколений, что является наиболее ярким проявлением секулярного тренда [15, 16]. Для разных возрастных групп или демографических когорт (групп, объединенных по годам рождения) складывается особый макрокомплекс условий внешней среды, в которых протекает рост для большинства членов данной группы. Специфика этого комплекса зависит от социально-политической обстановки, уровня экономического развития и здравоохранения, эпидемиологической среды, технологического прогресса, урбанизации. В свою очередь, макрокомплекс определяет условия жизни на микроуровне – доступ к различным ресурсам и социальным благам (качество и количество питания, медицинское обслуживание и т. д.), или, иначе, качество жизни для отдельного индивида или семьи. Действуя на процесс роста на

индивидуальном уровне, средовые факторы будут, в конечном счете, определять средние значения дефинитивных показателей длины тела в группе. Если какие-то внешние факторы оказывают негативное (угнетающее) действие на группу людей в периоды активного роста, то средняя длина тела будет не выше или даже ниже по сравнению с теми, для которых складывались более благоприятные внешние условия [1, 12, 13, 17–19]. В долговременной перспективе межпоколенное увеличение длины тела рассматривается как результат общего улучшения условий жизни [1, 2, 5, 10, 12, 17, 18].

Таким образом, анализ секулярных (межпоколенных) изменений дефинитивной длины тела может использоваться для ретроспективной оценки биологического статуса, сформировавшегося под влиянием комплекса социально-экономических факторов, определяющих благосостояние населения с учетом происходящих в обществе процессов.

Все более актуальной становится задача разработки теоретических моделей секулярного тренда, позволяющих определить дифференцированную значимость конкретных социальных и экономических факторов для этого процесса. Особая ценность таких разработок связана с возможностью их использования в предиктивных целях – для прогнозирования дальнейшего хода межпоколенных изменений на фоне меняющихся условий жизни на современном этапе развития человечества с учетом долгосрочного прогноза развития страны.

В связи с этим **целью** настоящего исследования была разработка математической модели секулярной динамики дефинитивной длины тела молодых мужчин и женщин России 1967–2000 гг. рождения в начале XXI в.

Моделирование было основано на гипотезе о том, что на средние значения дефинитивной длины тела для конкретной демографической когорты наряду с генетическими (эндогенными) факторами существенное влияние в течение всего ростового периода оказывают факторы внешней среды, в первую очередь социально-экономические и демографические.

Материалы и методы

Общая схема исследования. Разработка математических моделей секулярного тренда размеров тела чаще всего базируется на ретроспективном анализе значений антропометрических показателей и построении линий тренда, а оценка вклада различных факторов осуществляется с помощью корреляционного и/или регрессионного анализов. В настоящем исследовании для анализа секулярной изменчивости использовался другой методический подход, предполагающий точечную оценку изменений средних значений дефинитивной длины тела между соседними (следующими друг за другом) когортами рождения, а не анализ тренда на протяжении всего исследуемого интервала времени.

Факторы внешней среды, преимущественно связанные с качеством жизни и здоровьем населения, оценивались с помощью прокси-переменных – специально подобранных социально-экономических и демографических показателей. Оценка

взаимосвязей между секулярными изменениями дефинитивной длины тела и временными рядами прокси-переменных осуществлялась для всего периода роста каждой когорты, что позволило определить силу влияния факторов на реализацию потенциала секулярного тренда.

Материалы. Материалами для настоящего исследования послужили временные ряды антропометрических, социально-экономических и демографических данных из открытых источников.

Модель секулярного тренда построена на основе средних значений дефинитивной длины тела населения России из базы данных NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) [20]. В работе использованы ежегодные усредненные показатели для молодых мужчин и женщин в возрасте 19 лет на временном интервале с 1985 по 2019 г. (когорты рождения с 1967 по 2000 г.).

Для оценки влияния социально-экономических факторов на секулярный тренд длины тела использовались 12 прокси-переменных, в совокупности дающих комплексное представление об уровне жизни и популяционном здоровье в определенный момент времени. Изменение уровня общего благосостояния населения в стране на длительном временном интервале оценивалось с помощью исторических рядов макроэкономических показателей валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения (доллары США, 2011 г.) из базы Maddison Historical Statistics Project, рассчитанных для СССР и территории бывшего СССР (с 1991 г.) для периода с 1966 по 2019 г. [21]. Данные о временной динамике показателя экономического неравенства – коэффициента Джини (с 1992 по 2019 г.) – получены из базы Федеральной службы государственной статистики¹ (Росстат). Серии демографических показателей, характеризующих уровень популяционного здоровья, получены из базы Всемирного Банка² (World Bank): численность городского населения России (человек); доля городского населения России (%); ожидаемая продолжительность жизни при рождении в России; общие коэффициенты рождаемости и смертности для городского населения России. Наконец, для оценки нутритивного статуса населения, преимущественно уровня потребления белка, использовались три индикатора из базы Food and Agriculture Organization of the United Nations³ (FAOSTAT): потребление белка на душу населения (г/день); потребление продуктов животного происхождения на душу населения (г/день); общее количество мясных продуктов на человека (кг/год), а также показатель из базы Федеральной службы государственной статистики (Росстат) – потребление мясных продуктов питания на душу населения (кг/год).

Методика построения модели. Цель моделирования состояла в описании изменений дефинитивной длины тела молодых мужчин и женщин России на рубеже XX–XXI вв. (когорты 1967–2000 гг. рождения) в зависимости от дифференциального

влияния социально-экономических и демографических факторов. Фундаментальная проблема, на решение которой направлена предложенная модель, – количественная оценка степени влияния различных факторов на реализацию потенциала секулярного тренда по увеличению средних значений длины тела взрослого населения России.

Предметом моделирования стала взаимосвязь между дефинитивной длиной тела молодых мужчин и женщин разных демографических когорт и комплексом факторов среды на протяжении всего периода роста. С помощью моделирования планировалось решить следующие исследовательские задачи:

- определить ключевые факторы среды, которые оказывают доминирующее воздействие на секулярное увеличение длины тела в ряду когорт;
- количественно измерить степень влияния отдельных факторов на диахронные изменения длины тела;
- предложить прогнозирование временной динамики дефинитивной длины тела.

Математическая модель основана на простых линейных способах расчета взаимосвязей между прокси-переменными факторов среды и отклика (изменение средней длины тела), что позволило выявить устойчивые тенденции и закономерности.

Существенным допущением при моделировании является предположение об отсутствии взаимосвязи между факторами среды. Предложенная модель оценивает факторы по отдельности, допуская их независимое воздействие на временную динамику длины тела.

Математическая формулировка модели (определение переменных) выглядит следующим образом:

Δ_j – величина изменения средней длины тела между соседними годовыми группами j -го и $j-1$ года рождения;

T_i – оптимальное пороговое значение i -го фактора среды; определяется как значение фактора, при котором достигается наилучшее разделение соседних годовых групп с $\Delta_j > 0$ и $\Delta_j < 0$;

K_i – сила влияния i -го фактора среды на увеличение длины тела, рассчитывается как точность (accuracy) [22] и отражает долю правильно спрогнозированных классов по относительному увеличению или уменьшению длины тела (Δ_j) при выбранном пороговом значении (T_i) среди всех групп.

На первом этапе построения модели проводилось сравнение дефинитивных значений длины тела между соседними когортами для выявления восходящей (длина тела увеличивается) или нисходящей (длина тела уменьшается) тенденции соматической изменчивости в ряду ровесников разных лет рождения.

На втором этапе для каждой когорты (группы по году рождения) рассчитывались средние значения всех изучаемых социально-экономических факторов для двадцатилетнего интервала, охватывающего

¹ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 16.12.2024).

² World Bank Open Data [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://data.worldbank.org/> (дата обращения: 16.12.2024).

³ Food and Agriculture Organisation of the United Nations [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (дата обращения: 16.12.2024).

весь период роста, начиная с пренатального развития (за год до рождения) и до достижения дефинитивных значений длины тела (до года измерения показателя в 19 лет).

На третьем этапе происходила оценка взаимосвязей между группами, для которых была выявлена восходящая/нисходящая динамика длины тела, и средними значениями внешних факторов. Дополнительно проводилась оценка степени влияния отдельных факторов на увеличение длины тела.

В представленной статье описана разработка модели и обсуждение полученных результатов. В дальнейшем планируется продолжить исследование влияния факторов среды на длину тела с использованием предложенной модели для ее верификации и проверки работоспособности на других данных, например с расширением временного интервала и изучением региональных особенностей.

Математическая обработка данных и статистический анализ. Математическая обработка данных и статистический анализ проводились с использованием программного пакета Visual Studio Code (версия 1.85, Microsoft, 2023); реализация – на языке программирования Python (версия 3.11.4, Python Software Foundation, 2023) при помощи библиотек pandas [23] и seaborn [24].

Результаты. На первом этапе исследования были установлены демографические когорты (по году рождения), для которых происходило увеличение или уменьшение средних значений дефинитивной длины тела по сравнению с предыдущей когортой (рис. 1). На протяжении изученного временного интервала выявлены два периода увеличения длины тела (1967–1983 и 1997–2000 гг. рождения для мужчин и 1967–1985 и 1994–2000 гг. рождения для женщин) и период снижения (1984–1996 и 1986–1993 гг. рождения для мужчин и женщин

соответственно). Анализ ретроспективных данных средних значений длины тела для 34 демографических групп (1967–2000 годы рождения) выявил, что для 21 группы мужчин и 26 групп женщин наблюдалось увеличение длины тела по сравнению с группой предыдущего года рождения, для оставшихся 13 групп мужчин и 8 групп женщин – уменьшение длины тела относительно предыдущих лет.

Вариации величины стандартной ошибки среднего арифметического значения на изучаемом материале связаны с особенностями сбора данных. Значения средней длины тела юношей и девушек, представленные на рис. 1, являются расчетными и основаны на усреднении данных нескольких исследований. Для получения точных значений средней длины тела в годовых группах предположительно использовалось регрессионное уравнение, а значит, точность на краях интервала обследования уменьшается, что приводит к возрастанию величины стандартной ошибки.

На втором этапе исследования были рассчитаны средние значения социально-экономических и демографических показателей для всего двадцатилетнего периода роста представителей изученных когорт, начиная с пренатального развития (за год до рождения) и до достижения дефинитивных значений длины тела (до года измерения показателя в 19 лет). Эти усредненные агрегированные значения позволяют количественно сравнить влияние отдельных факторов внешней среды на процессы роста в разных когортах.

На третьем этапе построения модели определялись усредненные значения факторов внешней среды, действующие на группы с положительной и отрицательной временной динамикой длины тела. Результаты последующих расчетов показали, что из 12 изученных социально-экономических

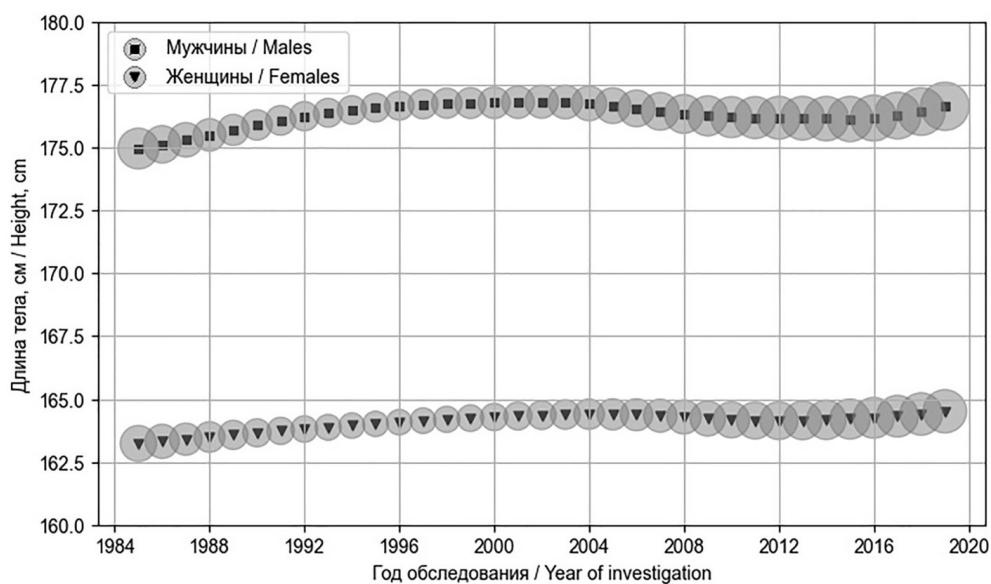


Рис. 1. Диахронные изменения средних значений дефинитивной длины тела 19-летних мужчин и женщин в ряду демографических когорт 1967–2000 гг. рождения

Примечание: диаметр маркера соответствует величине стандартной ошибки среднего арифметического значения.

Fig. 1. Diachronic changes in the mean values of body height of 19-year-old males and females born in 1967 to 2000

Note: the diameter of the marker corresponds to the value of the standard error of the mean.

и демографических факторов можно выделить наиболее значимые, которые позволяют полностью (статистически значимо) разделить временные ряды секулярных изменений длины тела на выделенные по направлению тренда группы – с увеличивающейся длиной тела и уменьшающейся. Все остальные прокси-переменные варьируют в более широком диапазоне, что не позволяет разделить группы с увеличивающимися и уменьшающимися значениями длины тела.

Для количественной оценки дифференциальных качеств прокси-переменных факторов внешней среды был разработан специализированный показатель, представляющий собой процент выборок, которые будут правильно отнесены в группу с увеличивающимися или уменьшающимися значениями длины тела (с положительным или отрицательным временным трендом) (рис. 2). В медицинских исследованиях используется аналогичный показатель качества дифференциальной модели при анализе результатов дискриминантного анализа, который представляет собой долю правильных ответов при классификации (accuracy) [24].

Наилучшие результаты разделения групп с положительной и отрицательной временной динамикой длины тела получились по показателю коэффициента Джини, однако данные по этому признаку доступны для непродолжительного периода (с 1992 по 2019 г.). Следующими по качеству разделения идут такие прокси-переменные факторов внешней среды, как потребление животного белка и ожидаемая продолжительность жизни при рождении (рис. 2).

Наименьшей дифференциальной способностью обладает макроэкономический показатель ВВП на душу населения.

На рис. 3 представлены графики распределения групп молодых мужчин и женщин разных лет рождения по двум прокси-переменным, показавшим наибольшую дифференциальную значимость. По оси x отложены средние значения объема потребляемых продуктов животного происхождения (г/день) в течение двадцати лет периода роста представителей данной когорты; по оси y – средние значения ожидаемой продолжительности жизни при рождении в течение двадцати лет периода роста представителей данной когорты. Между этими двумя прокси-переменными факторами среды наблюдается положительная связь – при увеличении значений по одной оси увеличиваются значения по второй. Это отражает корреляционную взаимосвязь двух факторов среды, оба из которых связаны с социально-экономическим благосостоянием населения.

Расчет пороговых значений прокси-переменных факторов внешней среды, позволяющих разделить группы с увеличивающимися и уменьшающимися значениями длины тела, выявил, что если показатель потребления животного белка на душу населения в течение периода роста будет в среднем выше 50,8 г/день у мужчин и 49,7 г/день у женщин, то длина тела у них будет больше, чем у сверстников, рожденных годом ранее. Пороговые значения показателя ожидаемой продолжительности жизни при рождении для мужчин – не менее 70,39 года, для женщин – не менее 70,05 года, т. е. если на

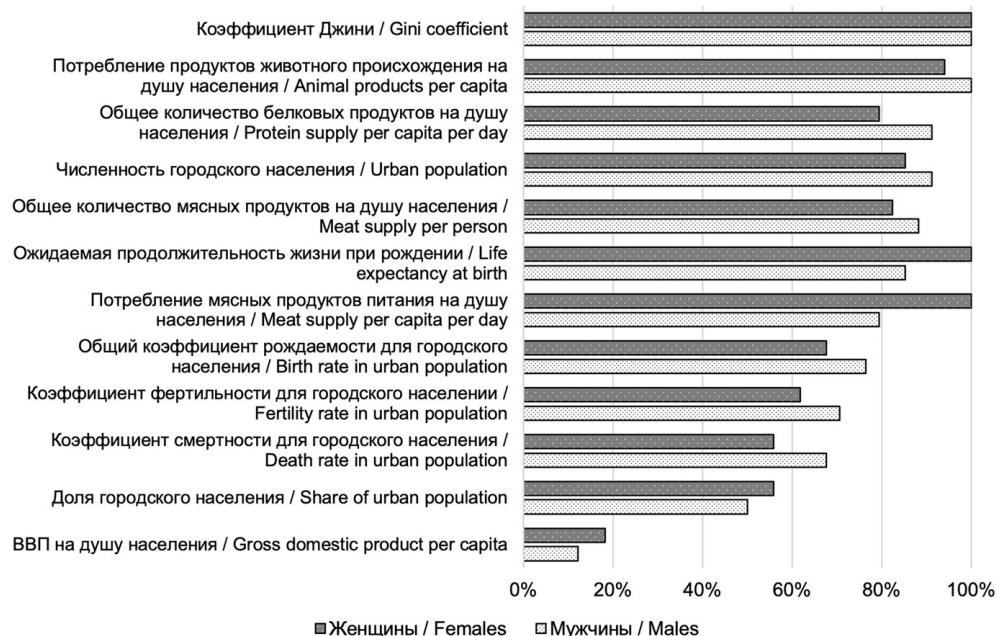


Рис. 2. Распределение показателей значимости социально-экономических и демографических факторов внешней среды в группах мужчин и женщин

Примечание: показатели значимости для каждого из факторов рассчитаны на основе количества (доли) годовых выборок, которые будут правильно отнесены в группу с увеличивающимися (положительный тренд) или уменьшающимися (отрицательный тренд) значениями длины тела.

Fig. 2. Distribution of indicators of the importance of socioeconomic and demographic factors in male and female groups

Note: The significance indicators for each of the factors are calculated based on the number (proportion) of annual samples that will be correctly assigned to a group with increasing (positive trend) or decreasing (negative trend) body height.

протяжении двадцатилетнего периода роста значения показателя ожидаемой продолжительности жизни при рождении будут превышать указанные пороговые значения, то длина тела в данной когорте будет больше, чем в предыдущей когорте (у сверстников, рожденных годом ранее). Дифференциация мужских групп осуществляется эффективнее по показателю потребления животного белка на душу населения (вероятность положительного тренда длины тела для мужчин составляет 100 %, для женщин – 95 %), женских групп – по показателю ожидаемой продолжительности жизни при рождении

(вероятность увеличения длины тела для мужчин составляет 85 %, для женщин – 100 %).

Обсуждение. Исследователи традиционно рассматривают среднюю величину дефинитивной длины тела в качестве комплексного показателя здоровья популяции и благосостояния населения. Более высокие значения говорят о благоприятной среде развития, достаточном уровне экономического и социального благосостояния в конкретной популяции по сравнению с другими, в которых длина тела взрослого населения оказывается меньше. В контексте изучения секулярной соматической

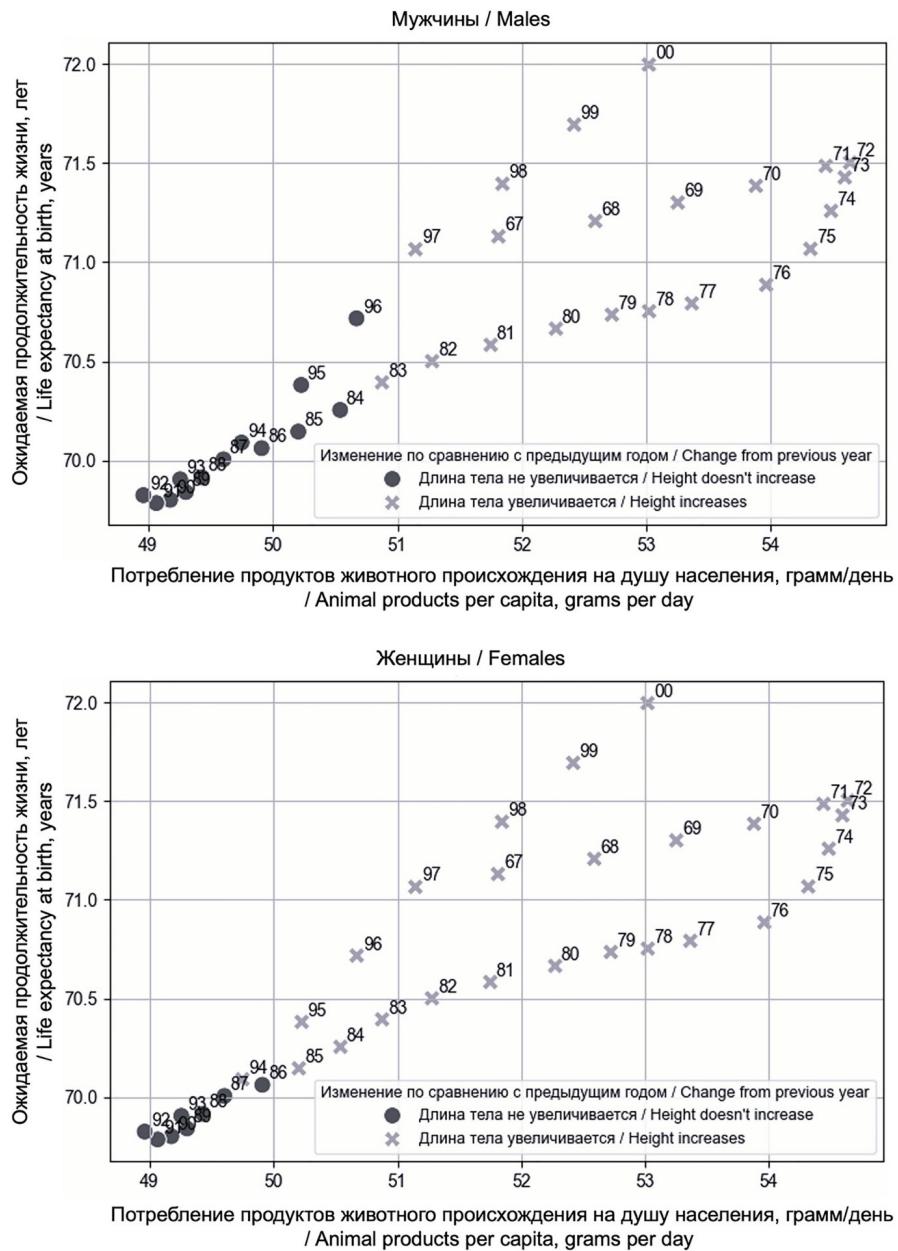


Рис. 3. Вероятностная модель влияния факторов среды на диахронные изменения длины тела мужчин и женщин разных когорт рождения (1967–2000 гг. рождения) в начале XXI в.

Примечание: внутри графика числами над маркерами сокращенно обозначены годы рождения обследованных групп (например, 92 – это 1992 год рождения; 00 – 2000 г.р.).

Fig. 3. Probabilistic model of the influence of exogenous factors on diachronic changes in body height of males and females of different birth cohorts (1967–2000) at the turn of the 21st century

Note: inside the graph, the numbers above the markers abbreviate the years of birth of the surveyed groups (e.g., 92 stands for 1992 and 00 for 2000).

изменчивости, если на протяжении нескольких лет или десятилетий в ряду демографических когорт наблюдается постепенное увеличение дефинитивной длины тела, то такой положительный тренд свидетельствует о благоприятных условиях внешней среды, в которых происходит рост и развитие детей, подростков и молодежи. В случае если длина тела не увеличивается, а стагнирует или даже уменьшается, можно предположить, что некоторые внешние факторы негативно влияют на представителей данной когорты во время ростовых процессов и заложенный генетический потенциал соматического роста полностью не реализуется.

Разработанная в настоящем исследовании вероятностная модель предлагает возможный ответ на фундаментальный вопрос, касающийся здоровья человека: какими должны быть условия внешней среды для благоприятного соматического роста и физического развития как на индивидуальном, так и на популяционном уровне. По результатам исследования определены значимость и дифференцированный вклад социально-экономических и демографических факторов внешней среды, которые в наибольшей степени влияют на процессы роста и дефинитивную длину тела представителей определенной когорты, а значит, и на общий уровень здоровья населения.

Наиболее отчетливо группы с положительной и отрицательной секулярной динамикой длины тела различались по коэффициенту Джини. Многие авторы отмечают значимость влияния фактора экономического неравенства на средние значения дефинитивной длины тела в разных популяциях [5, 12, 19, 25]. Так, например, в странах с более низким уровнем экономического неравенства длина тела в среднем выше, чем в странах с высоким [12, 13, 25]. Интерпретация данной взаимосвязи основывается на том, что стратификация общества приводит к неравномерному распределению ресурсов между группами с разным уровнем дохода. Более качественное питание, лучшее медицинское обслуживание, благоприятные условия труда, социальная поддержка становятся доступны лишь небольшой привилегированной группе. В то время как уровень жизни для большей части населения значительно ниже и ресурсы, которыми они располагают, недостаточны для полноценной реализации генетической программы, что фактически выражается в том, что они не достигают тех дефинитивных значений длины тела, которых могли бы достигнуть при более благоприятных внешних условиях. Возможно, в связи со снижением уровня экономического неравенства в России в XXI в. [26] для широких масс стали доступны ресурсы и материальные блага, которые позволяют наиболее полно реализовать генетический потенциал. Следует отметить, что, поскольку в настоящем исследовании данные по этому показателю доступны для непродолжительного интервала времени, интерпретация результата может рассматриваться только в качестве гипотезы.

Еще один существенный фактор, по которому различаются демографические когорты с разной длиной тела, – уровень потребления белка. При

помощи разработанной модели удалось рассчитать пороговые значения прокси-переменных данного фактора, при которых наблюдаются межгрупповые различия по длине тела. В России практически на протяжении всего изученного периода времени происходило увеличение потребления мясных продуктов (основной источник животного белка), за исключением значительного снижения в 1990-х гг. [27]. Превышение пороговых значений в 50,8 г/день у мужчин и 49,7 г/день у женщин наблюдалось в 1980-х гг. (потребление мяса составляло 70 кг/год) и на протяжении 2000–2010-х гг. В 1999 г. потребление достигло минимальных значений (47 кг/год) [27], и именно для когорт 1990-х гг. рождения было отмечено снижение средних значений длины тела.

Питание является одним из наиболее значимых экзогенных факторов, оказывающих влияние на процесс роста и, следовательно, на дефинитивные показатели телосложения [2, 4, 8]. Так, недостаточное снабжение растущего организма нутриентами, в особенности белками, на разных стадияхпренатального и постнатального развития влияет на значения длины тела во взрослом возрасте [8]. Полученные результаты согласуются с данными зарубежных исследований, свидетельствующих о том, что изменения в структуре питания, происходившие на протяжении прошлого века, преимущественно увеличение потребления животного белка, становятся одним из наиболее значимых факторов, определяющих секулярное увеличение длины тела [12, 18, 19].

Тем не менее вопрос о влиянии нутритивного статуса на процессы роста и дефинитивные значения длины тела и его значимости как ведущего фактора секулярного тренда является дискуссионным [28]. Несмотря на необходимость адекватного питания для нормального роста, некоторые исследователи отмечают, что его нецелесообразно рассматривать как основную причину межпопуляционных и межпоколенных различий по длине тела [9]. Непродолжительные периоды дефицита нутриентов могут компенсироваться в периоды «наверстывающего» роста, не отражаясь, таким образом, на дефинитивных размерах тела, а в долгосрочной перспективе более существенными становятся другие факторы, например образование, социальная мобильность, социальные взаимоотношения и психоэмоциональное состояние [9, 29, 30].

Наконец, группы с разными значениями длины тела различались по величине ожидаемой продолжительности жизни, которая может рассматриваться как один из показателей общего уровня популяционного здоровья и состояния эпидемиологической среды. Для одних когорт характерен более высокий биологический статус, для других – менее, что отражается в значениях как демографических показателей (собственно, ожидаемой продолжительности жизни), так и антропометрических. Это во многом обусловлено состоянием системы здравоохранения, доступностью качественной медицинской помощи, санитарно-гигиеническими условиями. Действительно, если условия среды, в которых находятся дети и подростки особенно на

ранних стадиях развития, оказывают негативное воздействие на здоровье подрастающего поколения, а также отсутствуют возможности для эффективного лечения и быстрого восстановления организма, то возникает энергетический дисбаланс, при котором большая часть ресурсов организма, потенциально предназначенных для реализации ростовых процессов, расходуется на борьбу с заболеваниями и последующее выздоровление [10, 31]. В результате физиологических нарушений и отсутствия адекватного количества ресурсов биологический потенциал не может реализоваться полностью, что приводит к снижению средних значений длины тела.

Гипотеза, на которой базировалось настоящее исследование, состояла в том, что средние значения дефинитивной длины тела для конкретной демографической когорты можно рассматривать как результат реализации наследственности и кумулятивный эффект факторов внешней среды, действующих на протяжении всего периода роста. В ходе разработки модели секулярной динамики дефинитивной длины тела молодых мужчин и женщин России с 1985 по 2019 г. (1967–2000 гг. рождения) данная гипотеза отчасти подтвердилась, поскольку было показано, что на межпоколенные изменения в той или иной степени влияли практически все социально-экономические и демографические факторы, включенные в анализ. При этом некоторые из них в течение изученного интервала времени оказали на соматические изменения наибольшее влияние и, следовательно, их можно рассматривать как ключевые факторы, определившие изменения длины тела российской молодежи на рубеже веков и в начале XXI в.

Следует отметить некоторые ограничения, которые предположительно могли повлиять на результаты настоящего исследования. Во-первых, разработанная авторами оригинальная математическая модель описывает секулярный тренд длины тела на непродолжительном временном промежутке. В связи с этим следует допустить, что на более ранних или последующих стадиях секулярного тренда действовали или будут действовать иные определяющие факторы. Во-вторых, временные ряды значений дефинитивной длины тела, использованные в работе, являются усредненными данными для всей страны, которые приведены для населения России в базе данных NCD-RisC [20]. Необходимо учитывать, что секулярная соматическая динамика на национальном уровне (для страны в целом) может существенно отличаться от той, что наблюдается на региональном уровне (в локальных популяциях), поскольку действующие на нее факторы могут существенно различаться по уровню доминирования. Наконец, новизна предложенного методологического подхода требует дальнейших уточнений и валидизации. Учитывая перечисленные ограничения, можно обозначить некоторые направления для будущих перспективных исследований. В первую очередь это дальнейшее усовершенствование предложенной вероятностной модели секулярного тренда, предполагающее увеличение временного интервала межпоколенных изменений

и расширение списка показателей соматического статуса, а также апробацию модели на данных для разных региональных групп.

Заключение. В ходе настоящего исследования разработана вероятностная модель влияния социально-экономических и демографических факторов на диахронные изменения длины тела современного населения России на рубеже XX–XXI вв. Установлено и статистически доказано, что различия длины тела между изученными демографическими когортами (1967–2000 гг. рождения) связаны с изменениями коэффициента экономического неравенства (коэффициента Джини), уровня потребления животного белка и ожидаемой продолжительности жизни. Таким образом, полученные результаты можно интерпретировать следующим образом: среди изученных факторов внешней среды наибольшее влияние на секулярный тренд длины тела российской молодежи в 1985–2019 гг. (для когорт 1967–2000 гг. рождения) оказывали экономическое неравенство, питание и уровень здоровья населения.

Кроме этого, при помощи разработанной модели удалось рассчитать «критические» значения ключевых показателей средовых факторов, при которых негативное влияние на соматический статус оказывается определяющим и здоровье населения ухудшается. Возможность выявить наиболее значимые факторы среди и количественно оценить границу условно благоприятных значений для здорового развития популяции является одним из важных достоинств разработанной модели.

Предложенный в настоящем исследовании алгоритм моделирования можно использовать как один из новых методических подходов для изучения закономерностей и объективной оценки влияния социально-экономических и демографических факторов на соматический статус и здоровье разных групп населения, а также для прогнозирования дальнейшего хода межпоколенных изменений соматических показателей на фоне меняющихся условий жизни на современном этапе развития человечества с учетом долгосрочного прогноза развития страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Bogin B. Social-economic-political-emotional (SEPE) factors regulate human growth. *Human Biology and Public Health*. 2021;1:1-20. doi: 10.52905/hbph.v1.10
2. Perkins JM, Subramanian SV, Davey Smith G, Özaltın E. Adult height, nutrition, and population health. *Nutr Rev*. 2016;74(3):149-165. doi: 10.1093/nutrit/nuv105
3. Hermanussen M, Erofeev S, Scheffler C. The socio-endocrine regulation of human growth. *Acta Paediatr*. 2022;111(11):2077-2081. doi: 10.1111/apa.16504
4. Silventoinen K. Determinants of variation in adult body height. *J Biosoc Sci*. 2003;35(2):263-285. doi: 10.1017/S0021932003002633
5. Steckel RH. Social and economic effects on growth. In: *Human Growth and Development*. 2nd ed. Academic Press; 2012:225–244. doi: 10.1016/B978-0-12-383882-7.00009-X
6. Victora CG, Adair L, Fall C, et al. Maternal and child undernutrition: Consequences for adult health and human capital. *Lancet*. 2008;371(9609):340-357. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61692-4

7. Rodrigues D, Machado-Rodrigues AM, Nogueira H, et al. Stress exposure in specific growth periods associates with children's weight, height, and body mass index. *Am J Biol Anthropol.* 2023;181(4):588-596. doi: 10.1002/ajpa.24744
8. Inzaghi E, Pampanini V, Deodati A, Cianfarani S. The effects of nutrition on linear growth. *Nutrients.* 2022;14(9):1752. doi: 10.3390/nu14091752
9. Scheffler C, Hermanussen M, Soegianto SDP, et al. Stunting as a synonym of social disadvantage and poor parental education. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(3):1350. doi: 10.3390/ijerph18031350
10. Bozzoli C, Deaton AS, Quintana-Domeque C. Adult height and childhood disease. *Demography.* 2009;46(4):647-669. doi: 10.1353/dem.0.0079
11. Tanner JM. Growth as a measure of the nutritional and hygienic status of a population. *Horm Res.* 1992;38(Suppl 1):106-115. doi: 10.1159/000182580
12. Grasgruber P, Hrazdíra E. Nutritional and socio-economic predictors of adult height in 152 world populations. *Econ Hum Biol.* 2020;37:100848. doi: 10.1016/j.ehb.2020.100848
13. German A, Mesch G, Hochberg Z. People are taller in countries with better environmental conditions. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;11:106. doi: 10.3389/fendo.2020.00106
14. Harris B. Anthropometric history and the measurement of wellbeing. *Vienna Yearb Popul Res.* 2021;19:91-123. doi: 10.1553/populationyearbook2021.rev02
15. Danubio ME, Sanna E. Secular changes in human biological variables in Western countries: An updated review and synthesis. *J Anthropol Sci.* 2008;86:91-112.
16. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). A century of trends in adult human height. *eLife.* 2016;5:e13410. doi: 10.7554/eLife.13410
17. Cole TJ. The secular trend in human physical growth: A biological view. *Econ Hum Biol.* 2003;1(2):161-168. doi: 10.1016/S1570-677X(02)00033-3
18. Baten J, Blum M. Why are you tall while others are short? Agricultural production and other proximate determinants of global heights. *Eur Rev Econ Hist.* 2014;18(2):144-165. doi: 10.1093/ereh/heu003
19. Hatton TJ. How have Europeans grown so tall? *Oxf Econ Pap.* 2014;66(2):349-372. doi: 10.1093/oxp/gpt030
20. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: A pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants. *Lancet.* 2020;396(10261):1511-1524. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31859-6
21. Bolt J, van Zanden JL. Maddison-style estimates of the evolution of the world economy: A new 2023 update. *J Econ Surv.* 2025;39:631-671. doi: 10.1111/joes.12618
22. Dhamnetiya D, Goel MK, Jha RP, Shalini S, Bhattacharyya K. How to perform discriminant analysis in medical research? Explained with illustrations. *J Lab Physicians.* 2022;14(4):511-520. doi: 10.1055/s-0042-1747675
23. McKinney W. Data structures for statistical computing in Python. In: *Proc. of the 9th Python in Science Conf. (SciPy 2010).* 2010:56-61. doi: 10.25080/Majora-92bf1922-00a
24. Waskom ML. seaborn: statistical data visualization. *J Open Source Softw.* 2021;6(60):3021. doi: 10.21105/joss.03021
25. Bogin B, Scheffler C, Hermanussen M. Global effects of income and income inequality on adult height and sexual dimorphism in height. *Am J Hum Biol.* 2017;29(2):1-11. doi: 10.1002/ajhb.22980
26. Dang HAH, Lokshin MM, Abanokova K, Bussolo M. Welfare dynamics and inequality in the Russian Federation during 1994–2015. *Eur J Dev Res.* 2020;32(4):812-846. doi: 10.1057/s41287-019-00241-3
27. Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Андронова М.С., Смирнова Е.А. Потребление мяса и мясных продуктов в Российской Федерации: ретроспективный анализ и реалии сегодняшнего дня // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 2. С. 47–55. doi: 10.35627/10.35627/2219-5238/2023-31-2-47-55
Keshabyants EE, Denisova NN, Andronova MS, Smirnova EA. Consumption of meat and processed meats in the Russian Federation: A retrospective analysis and current realities. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2023;31(2):47-55. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-2-47-55
28. Hermanussen M, Wit JM. How much nutrition for how much growth? *Horm Res Paediatr.* 2017;88(1):38-45. doi: 10.1159/000454832
29. Niere O, Spannemann L, Stenzel P, Bogin B, Hermanussen M, Scheffler C. Plasticity of human growth – A systematic review on psychosocial factors influencing growth. *Anthropol Anz.* 2020;77(5):431-443. doi: 10.1127/anthranz/2020/1223
30. Bogin B. What makes people grow? Love and hope. *J Physiol Anthropol.* 2023;42(1):13. doi: 10.1186/s40101-023-00330-7
31. Quanjer B. Height and the disease environment of children: The association between mortality and height in the Netherlands 1850–1940. *Econ Hist Rev.* 2024;77(2):391-415. doi: 10.1111/ehr.13274

Сведения об авторах:

✉ **Хафизова Айнур Асхадовна** – к.б.н., научный сотрудник кафедры антропологии биологического факультета; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Зимина Софья Николаевна – к.б.н., старший научный сотрудник кафедры антропологии биологического факультета; e-mail: sonishat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-1007>.

Негашева Марина Анатольевна – д.б.н., профессор, профессор кафедры антропологии биологического факультета; e-mail: negasheva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-4316>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Негашева М.А., Зимина С.Н.; сбор данных: Хафизова А.А.; программирование, разработка модели: Зимина С.Н.; анализ и интерпретация результатов: Хафизова А.А., Зимина С.Н., Негашева М.А.; подготовка рукописи: Хафизова А.А., Зимина С.Н., Негашева М.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: дизайн и проведение исследования одобрены Комиссией по биоэтике ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (заявка № 19-ч в редакции № 2 от 15.05.2023, протокол заседания Комиссии № 152-д-з от 18.05.2023).

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 23-18-00086.

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

Статья получена: 09.11.24 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ Ainur A. **Khafizova**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Department of Anthropology, Faculty of Biology; Lomonosov Moscow State University; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Sofya N. **Zimina**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Anthropology, Faculty of Biology; Lomonosov Moscow State University; e-mail: sonishat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-1007>.

Marina A. **Negasheva**, Prof., Dr. Sci. (Biol.); Professor, Department of Anthropology, Faculty of Biology; Lomonosov Moscow State University; e-mail: negasheva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-4316>.

Author contributions: study conception and design: *Negasheva M.A., Zimina S.N.*; data collection: *Khafizova A.A.*; programming, model development: *Zimina S.N.*; analysis and interpretation of results: *Khafizova A.A., Zimina S.N., Negasheva M.A.*; manuscript preparation: *Khafizova A.A., Zimina S.N., Negasheva M.A.*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study design was approved by the Bioethics Commission at Lomonosov Moscow State University (application No.19-ch, 2nd ed., dated May 15, 2023; protocol No. 152-d-z of May 18, 2023).

Funding: The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-18-00086.

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

Received: November 9, 2024 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Региональные особенности морфофункционального статуса молодежи России в начале XXI в.

О.А. Кузнецова¹, М.А. Негашева¹, И.М. Синева¹, В.Н. Кремнева², О.В. Филатова³,
А.А. Хафизова¹, Е.А. Иванова¹, Д.Д. Коршунова¹, А.М. Юдина¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
Ленинские горы, д. 1, стр. 12, г. Москва, 119234, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Институт физической культуры, спорта
и туризма, пр. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, респ. Карелия, 185035, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Институт биологии и биотехнологии,
пр. Ленина, д. 61, г. Барнаул, Алтайский край, 656049, Российская Федерация

Резюме

Введение. Морфофункциональный статус – один из основных показателей здоровья населения и способности адаптации к меняющимся условиям среды под влиянием различных экологических и социально-экономических факторов.

Цель исследования: выявление региональных особенностей морфофункционального статуса современной молодежи разных городов России.

Материалы и методы. Использованы показатели телосложения (индексы массивности скелета, крепкосложенности грудной клетки, узко/широкосложенности; индекс массы тела, средняя жировая складка), компонентного состава тела (скелетно-мышечная масса, жировая масса, активная клеточная масса, удельный обмен) и функциональных характеристик сердечно-сосудистой системы (индекс Робинсона), дыхательной системы (объем форсированного выдоха за 1 секунду), а также силовых возможностей организма (отношение динамометрии правой кисти к массе тела) для 1466 юношей и девушек в возрасте 17–23 лет, обследованных в четырех городах России: Барнаул, Петрозаводск, Москва, Самара в течение 2016–2024 гг. Статистический анализ и визуализация данных проведены в различных пакетах языка программирования R.

Результаты. Наибольшая крупносложенность (среди обследованных мужских групп) с тенденцией к большей тучности и повышенному жироотложению отмечена у юношей Барнаула. Московские юноши – самые узкосложенные с относительно пониженным развитием жирового компонента телосложения. Юноши Самары занимают в основном промежуточное положение. У петрозаводских юношей отмечены относительно высокие показатели индекса широкоплечести, которые вместе с пониженным жироотложением свидетельствуют о тенденции к андроморфным (маскулинным) пропорциям. Сравнительный анализ функциональных характеристик в разных региональных группах показал хорошее физическое развитие и высокий уровень метаболических процессов у юношей Москвы, Самары и Петрозаводска. Минимальные значения указанных признаков наблюдаются у юношей Барнаула. У девушек выявлены аналогичные региональные особенности изменчивости морфофункциональных признаков.

Заключение. Разработаны и представлены региональные (для молодежи разных городов России) морфофункциональные профили, структура которых базируется на наиболее информативных признаках, определяющих соматический статус и функциональные возможности адаптации к разным климатогеографическим и социально-экономическим условиям проживания. Полученные результаты могут быть использованы для оценки и мониторинга морфофункционального статуса юношей и девушек с целью улучшения физических кондиций, адаптационных возможностей и соматического здоровья современной молодежи.

Ключевые слова: биологическая антропология, морфофункциональный статус, среда обитания, здоровье населения, студенты, регионы России.

Для цитирования: Кузнецова О.А., Негашева М.А., Синева И.М., Кремнева В.Н., Филатова О.В., Хафизова А.А., Иванова Е.А., Коршунова Д.Д., Юдина А.М. Региональные особенности морфофункционального статуса молодежи России в начале XXI в. // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 29–42. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-29-42

Regional Features of the Morphofunctional Status of Russian Youth at the Turn of the 21st Century

Olga A. Kuznetsova,¹ Marina A. Negashova,¹ Irina M. Sineva,¹ Victoria N. Kremneva,²
Olga V. Filatova,³ Ainur A. Khafizova,¹ Elena A. Ivanova,¹ Darina D. Korshunova,¹ Anastasia M. Yudina¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Bldg 12, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

² Institute of Physical Culture, Sports and Tourism, Petrozavodsk State University,
33 Lenin Avenue, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185035, Russian Federation

³ Institute of Biology and Biotechnology, Altai State University,
61 Lenin Avenue, Barnaul, Altai Krai, 656049, Russian Federation

Summary

Introduction: Morphofunctional status is one of the main indicators of population health and the ability to adapt to changing environmental conditions under the influence of various environmental and socioeconomic factors.

Objective: To identify regional features of the morphofunctional status of modern youth in different Russian cities.

Materials and methods: In 2016–2024, we examined 1,466 young men and women aged 17 to 23 years living in four Russian cities of Barnaul, Petrozavodsk, Moscow, and Samara to collect data on body type indicators (skeletal mass index, chest breadth, narrow/wide build; body mass index, mean skinfold), component body composition (skeletal muscle mass, fat mass, active-cell mass, basal metabolic rate), functional characteristics of the cardiovascular system (Robinson index), respiratory system (forced expiratory volume in 1 second), as well as overall strength (the ratio of right hand grip strength to body weight). Statistical analysis and data visualization were performed in different R programming language packages.

Results: Among the examined male groups, the largest build with a tendency to greater obesity and increased fat deposition was observed in the young men from Barnaul. In Moscow, young men were found to be the most narrowly built with relatively lower development of the fat component of the physique. Young men from Samara occupied an intermediate position. Petrozavodsk young men had a relatively high average shoulder width, which, combined with the reduced fat deposition, indicate a tendency toward andromorphic (masculine) proportions. The comparison of functional characteristics between different regional groups showed good physical development and a high metabolic rate in young men living in Moscow, Samara, and Petrozavodsk. The minimum values of these characteristics were observed in young men from Barnaul. Similar regional features of variability of morphofunctional traits were traced in girls.

Conclusion: We developed regional morphofunctional profiles of young people living in different Russian cities, the structure of which is based on the most informative features that determine somatic status and functional adaptive capacity to different climatic, geographical, and socioeconomic living conditions. Our findings can be used to assess and monitor the morphofunctional status of young men and women in order to improve physical conditions, adaptive capacity, and physical health of modern youth.

Keywords: biological anthropology, morphofunctional status, environment, public health, students, Russian regions.

Cite as: Kuznetsova OA, Negashova MA, Sineva IM, Kremneva VN, Filatova OV, Khafizova AA, Ivanova EA, Korshunova DD, Yudina AM. Regional features of the morphofunctional status of Russian youth at the turn of the 21st century. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):29–42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-29-42

Введение. Морфофункциональный статус, определяемый как совокупность морфологических и функциональных характеристик организма, является ключевым показателем здоровья и способности адаптации к изменяющимся условиям. В настоящее время в профилактической медицине (гигиене) и антропологии (экологии человека) большое внимание уделяется проблеме адаптации людей к различным природно-климатическим и социально-экономическим условиям [1]. Особенno это касается условий, связанных с городской средой (в связи с растущей урбанизацией) и влиянием производственной деятельности на здоровье человека. Под влиянием антропогенных факторов может происходить снижение адаптационных возможностей организма [2]. В ряде работ демонстрируется связь антропогенной нагрузки с морфофункциональными показателями у детей и подростков. При повышении антропогенной нагрузки снижаются такие показатели, как длина тела, сила правой и левой кисти, увеличиваются масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких. Показатели давления понижаются, а частота сердечных сокращений увеличивается [3]. Вторым важнейшим фактором, влияющим на морфофункциональные характеристики населения и адаптационный потенциал, является климат. Многочисленными исследованиями показано, что продолжительная зима, низкие температуры могут негативно сказываться на деятельности функциональных систем [4]. Это можно фиксировать в первую очередь на лабильных соматических признаках (например, связанных с жироотложением) или на высоко изменчивых физиологических показателях. Некоторые другие морфологические признаки также находятся под влиянием климатических факторов, например, показано их влияние на размеры грудной клетки [5]. Для европейских популяций авторы отмечают, что до 17 % общей соматической изменчивости может быть обусловлено климатическими различиями [6].

В связи с этим **целью** настоящего исследования было выявление региональных особенностей морфофункционального статуса современной молодежи разных городов России. Одной из задач является анализ возможного влияния внешних факторов, таких как место жительства и климатогеографические

условия жизни, на морфофункциональный статус современной молодежи в разных региональных группах России. Чтобы проанализировать влияние климата, были использованы антропологические данные для населения из разных климатогеографических зон, а для анализа антропогенного влияния были выбраны города с разной численностью населения.

Материалы и методы. В четырех городах России: Барнауле (Сибирский ФО), Москве (Центральный ФО), Петрозаводске (Северо-Западный ФО) и Самаре (Приволжский ФО) в течение 2016–2024 гг. было проведено комплексное морфофункциональное обследование современной студенческой молодежи в возрасте от 17 до 23 лет. Антропологические экспедиции в Барнаул (2023 г.) и Петрозаводск (2024 г.), а также морфофункциональное обследование московской молодежи (2020–2023 гг.) проведены при финансовой поддержке гранта РНФ (№ 23-18-00086). Сбор материалов антропологического обследования основан на добровольном участии респондентов с соблюдением правил биоэтики (экспертные заключения Комиссии по биоэтике МГУ имени М.В. Ломоносова: заявка № 22-ч, от 13.03.2015, протокол заседания Комиссии № 55 от 26.03.2015; заявка № 65-ч от 29.01.2018, протокол заседания Комиссии № 88-о от 22.02.2018; заявка № 19-ч в редакции № 2 от 15.05.2023, протокол заседания Комиссии № 152-д-з от 18.05.2023). Перед проведением антропометрических измерений все участники подписывали информированное согласие и согласие на обработку персональных данных.

Всего в работе использованы морфофункциональные данные 1466 человек (593 юношей и 873 девушек). В табл. 2 и 3 представлены статистические характеристики морфофункциональных показателей юношей и девушек в возрасте 17–23 лет, обследованных в четырех городах России.

Этническая принадлежность респондентов оценивалась с помощью опросов обследуемых и учитывалась для однородности выборки. Обследование было проведено по нескольким методикам, которые включали измерение антропометрических признаков, функциональных показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем, определение силовых возможностей (динамометрия правой кисти) и показателей компонентного состава тела, полученных

с помощью биоимпедансного анализатора «Медасс ABC-01» [7].

Проанализированы морфофункциональные данные юношей и девушек, постоянно проживающих в разных городах России, которые относятся к четырем федеральным округам и характеризуются различными экономическими и климатогеографическими условиями. В данном исследовании выделены лишь общие факторы с попыткой классификации их влияния на здоровье и морфофункциональные характеристики населения (табл. 1).

Город Петрозаводск (столица Республики Карелия) имеет население 235 694 человека¹, относится к Северо-Западному федеральному округу. Климат умеренно континентальный, с продолжительной, но мягкой зимой и коротким холодным летом. Также для этого региона характерны высокая влажность, перепады температур и давления [8]. Климат считается относительно дискомфортным для жизни, что связывается также с недостаточностью ультрафиолетового излучения [9].

Москва – столица России, входит в Центральный федеральный округ. Крупнейший мегаполис с населением 13 149 803 человека¹. Климат умеренно континентальный с ярко выраженной сезонностью. Наиболее существенным фактором, влияющим на физическое состояние московской молодежи, является жизнь в условиях мегаполиса, для которого

характерны высокий уровень жизни и высокий уровень медицинского обслуживания. Для мегаполисов также характерна большая доступность и популярность ресторанов быстрого питания (фастфуды). Самара – крупный город-миллионер в Поволжье России, центр Самарской области (Приволжский федеральный округ), население 1 158 952¹. Умеренно континентальный климат с жарким летом и умеренно холодной длительной зимой. На формирование морфофункционального статуса молодежи в мегаполисах существенное влияние оказывают широко представленные в средствах массовой информации и социальных медиа идеалы телесной красоты [10, 11] и популяризация здорового образа жизни. Интернализуемые социокультурные телесные идеалы мотивируют юношей и девушек прилагать целенаправленные усилия по приведению собственной телесной данности в соответствие с одобляемыми образцами.

Город Барнаул находится в Сибирском федеральном округе, является административным центром Алтайского края, население 620 419 человек¹. Континентальный климат с холодной зимой, но относительно теплым летом. Во многих экологических исследованиях Барнаул отмечается как один из наиболее загрязненных городов России². Некоторыми авторами показано, что пищевые предпочтения жителей Алтайского края не

Таблица 1. Некоторые факторы, влияющие на здоровье и морфофункциональные характеристики населения в обследованных городах

Table 1. Some factors affecting health and morphofunctional characteristics of the population in the surveyed cities

Город / City	Положительные факторы / Positive factors	Отрицательные факторы / Negative factors
Петрозаводск / Petrozavodsk	Высокий уровень озеленения города, относительно пониженный уровень техногенного и информационного стресса / Good landscaping, a relatively lower level of anthropogenic and information stress	Низкая инсоляция, высокая влажность, перепады температур, повышенный уровень загрязнения воздуха* / Low insolation, high humidity, temperature fluctuations, increased level of air pollution*
Москва / Moscow	Высокий уровень жизни, развитая инфраструктура, высокий уровень медицины, повышенное влияние моды и фитнес-стандартов, доступность спортивных клубов / High standard of living, developed infrastructure, high level of medical care, increased influence of fashion and fitness standards, availability of sports clubs	Высокий уровень загрязнения воздуха*. Широкая распространенность ресторанов быстрого питания / High level of air pollution*. Abundance of fast food restaurants
Самара / Samara	Мягкий климат, низкий уровень загрязнения воздуха*. Высокий уровень жизни, развитая инфраструктура, доступность спортивных клубов / Mild climate, low level of air pollution*. High standard of living, developed infrastructure, availability of sports clubs	Распространенность ресторанов быстрого питания / Abundance of fast food restaurants
Барнаул / Barnaul	Относительно пониженный уровень техногенного и информационного стресса / Relatively low level of anthropogenic and information stress	Суровые климатические условия, повышенный уровень загрязнения воздуха*. Негативные пищевые привычки (предпочтение нездоровой пищи с высоким содержанием жира, соли и сахара) / Severe climate conditions, increased level of air pollution*. Adverse dietary habits (preference for unhealthy foods high in fat, salt and sugar).

Примечание: * – категории уровня загрязнения воздуха взяты из литературы, определены по индексу TAQI – оценка качества воздуха в городах на основании спутникового мониторинга, по состоянию на 2022 год³.

Note: * Air pollution level categories were borrowed from literature, determined by the traffic air quality index (TAQI) based on satellite monitoring, as of 2022.³

¹ Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года. Федеральная служба государственной статистики (27 апреля 2024 г.). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 6.11.2024).

² Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2023 году». Барнаул, 2024. 192 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://altairegion22.ru/gov/pravitelstvo-altaiskogo-kraya/administration/stuct/glavpriroda/ehkodoklad-2023.pdf> (дата обращения: 20.03.2025).

³ Рейтинг 170 городов России по качеству воздуха. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://taqi.strelka-kb.com> (дата обращения: 28.02.2025).

соответствуют требованиям рационального питания и требуют корректировки [12].

Анализируемые признаки

В современной профилактической медицине, возрастной и медицинской антропологии для оценки физического развития и морфофункциональных особенностей используется широкий спектр различных показателей, таких как морфологические признаки, функциональные и физиологические, а также показатели компонентного состава тела. Наиболее распространенным, удобным и эффективным методом оценки физического развития является метод индексов. В качестве морфологических признаков нами были выбраны наиболее распространенные указатели (см. табл. 2, 3). Индекс Ливи (CC:BH) характеризует общую крепость телосложения по развитию грудной клетки (отношение обхвата груди к длине тела). Показатель массивности скелета (KW:BH) – ширина колена к длине тела. Отношение обхвата талии к длине тела (WC:BH) – индекс центрального ожирения. Диаметр плеч к длине тела (Bia:BH) – показатель узко/широкоплечести. Индекс ширины таза (Bii:BH) – отношение диаметра таза к длине тела. Средняя жировая складка (mean SF) – средняя величина для значений толщины жировых складок под лопаткой, на плече, на предплечье и на животе. Индекс массы тела (ИМТ/BMI) – масса тела / длина тела (m^2).

Функциональные показатели были выбраны для анализа на основе предполагаемой информативности, а также распространенности их использования в научной литературе:

- Силовой индекс = Динамометрия правой кисти / Масса тела;
- Индекс Робинсона = ЧСС * САД / 100;
- FEV1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду.

Индекс Робинсона используется как функциональная характеристика сердечно-сосудистой системы для оценки уровня обменно-энергетических процессов в миокарде; по данным литературы, имеет следующие критерии: до 70 у. е. – высокий показатель; от 70 до 85 – выше среднего; от 85 до 95 – средний; от 95 до 110 – ниже среднего; от 110 у. е. – низкий [13].

Для описания компонентного состава тела было выбрано несколько показателей, таких как: основной обмен, удельный обмен, активная клеточная масса, скелетно-мышечная масса и жировая масса.

Статистический анализ

Визуализация средних значений морфофункциональных признаков для сравнительного межгруппового анализа была осуществлена с помощью паутинных диаграмм. При подготовке данных необходимо было унифицировать признаки с различными значениями в единую шкалу, которую можно нанести на окружность. Для этого использовалась функция scale, которая стандартизует по средним значениям. Таким образом, на диаграмме отражены не абсолютные значения признака, а стандартизованные по средним значениям величины.

Расчет указателей и первичный анализ проводились с помощью набора пакетов tidyverse. Для

сравнения морфофункциональных показателей у молодежи разных городов по различным наборам признаков использовался метод визуализации радарные диаграммы, реализованный двумя способами. Для построения диаграмм по морфологическим признакам использовалась функция ggRadar (rescale = FALSE) из пакета ggigraphExtra [14]. Диаграммы по физиологическим признакам и компонентному составу тела получены с помощью библиотек ggplot2 [15] и ggradar. Сравнение городов по отдельным признакам с указанием достоверности различий проводилось с помощью функций geom_violinhalf; geom_boxplot; geom_jitter из пакета ggplot2. Достоверность отличия городов по средним значениям признаков рассчитывалась с использованием *t*-критерия Стьюдента с помощью функции t_test {rstatix} [16]. Достоверными считались отличия фиксируемые при уровне значимости $p < 0,05$. Уровень различий обозначался следующим образом: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Результаты. Выборки из разных городов сопоставимы по этнической принадлежности и близки по возрасту (от 17 до 23 лет), средний возраст обследованных юношей и девушек около 19 лет (табл. 2, 3). По социальному статусу все обследованные – студенты ведущих высших учебных заведений в своих регионах. Результаты исследования разделены на два блока сравнительного анализа: 1) морфологических показателей телосложения; 2) показателей компонентного состава тела (полученных с помощью биоимпедансного анализатора) и функциональных характеристик (сердечно-сосудистой и дыхательной систем, силы сжатия кисти).

Изменчивость морфологических признаков. Особенности телосложения юношей и девушек разных регионов России представлены в виде паутинных диаграмм (рис. 1), которые можно назвать морфологическими профилями, поскольку они отражают основные соматические характеристики обследованной молодежи: массивность скелета, крепкосложенность (индекс Ливи), пропорции скелета (индексы узко/широкосложенности), периметры тела (обхват талии), тучность телосложения (индекс массы тела), развитие подкожного жироотложения (величина средней жировой складки, индекс центрального ожирения).

Юноши Барнаула по сравнению с молодежью из других обследованных городов отличаются большей крепкосложенностью (хорошее развитие грудной клетки) в сочетании с большими значениями обхвата талии, повышенным развитием жироотложения и большей тучностью телосложения (высокие значения индекса массы тела). В целом юноши Барнаула можно охарактеризовать как наиболее макросомных (среди мужских групп обследованных) с тенденцией к большей тучности и повышенному жироотложению. Московские юноши по телосложению самые узкосложенные и относительно грацильные среди всех обследованных: у них наименьшие значения индекса широкоплечести, массивности скелета и индекса Ливи; у них также минимальное развитие подкожного жироотложения и пониженные значения индекса массы тела.

Таблица 2. Статистические характеристики морфофункциональных показателей юношей в возрасте 17–23 лет, обследованных в разных городах России

Table 2. Statistical characteristics of morphofunctional indices of young men aged 17–23 years examined in different cities of Russia

Признаки / Parameters	Петрозаводск / Petrozavodsk (n = 206)		Москва / Moscow (n = 162)		Самара / Samara (n = 82)		Барнаул / Barnaul (n = 143)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Средний возраст (лет) / Mean age (years)	19,2 ± 0,08	1,14	19,3 ± 0,1	1,23	18,9 ± 0,2	1,45	19,4 ± 0,1	1,67
Длина тела (см) / Body height (cm)	178,0 ± 0,5	6,53	179,05 ± 0,5	6,95	176,2 ± 0,8	7,31	178,0 ± 0,6	6,95
Масса тела (кг) / Body weight (kg)	71,8 ± 0,71	10,13	72,2 ± 0,9	11,11	69,0 ± 1,3	11,20	74,5 ± 1,6	19,22
Индекс массы тела (кг/м ²) / Body mass index (kg/m ²)	22,6 ± 0,2	2,86	22,5 ± 0,2	3,06	22,2 ± 0,4	3,36	23,5 ± 0,5	5,64
Диаметр плеч (см) / Biacromial diameter (cm)	40,4 ± 0,1	1,71	40,02 ± 0,2	2,47	39,9 ± 0,2	2,02	40,3 ± 0,2	2,02
Диаметр таза (см) / Biliac diameter (cm)	28,5 ± 0,1	1,59	28,8 ± 0,2	2,16	28,4 ± 0,2	1,71	28,8 ± 0,2	2,06
Диаметр плеч: длина тела / Biacromial diameter:Body height	22,7 ± 0,1	0,92	22,4 ± 0,1	1,21	22,7 ± 0,13	1,15	22,6 ± 0,1	1,00
Диаметр таза: диаметр плеч / Biliac diameter: Biacromial diameter	70,6 ± 0,3	3,77	72,1 ± 0,4	5,31	71,1 ± 0,4	3,97	71,4 ± 0,4	4,41
Диаметр таза: длина тела / Biliac diameter: Body height	16,0 ± 0,05	0,76	16,1 ± 0,1	1,19	16,1 ± 0,1	0,80	16,2 ± 0,1	1,05
Обхват груди (см) / Chest circumference (cm)	93,3 ± 0,4	6,35	92,7 ± 0,6	7,37	92,1 ± 0,9	7,89	94,3 ± 0,9	10,61
Обхват талии (см) / Waist circumference (cm)	76,5 ± 0,4	6,33	77,6 ± 0,6	7,07	77,1 ± 0,8	6,94	78,4 ± 1,0	12,25
Обхват бедер (см) / Hip circumference (cm)	96,0 ± 0,4	5,79	98,5 ± 0,5	6,35	94,2 ± 0,7	6,29	98,1 ± 0,9	10,51
Обхват талии: обхват бедер / Waist circumference: Hip circumference	79,7 ± 0,3	3,78	78,8 ± 0,3	3,97	81,8 ± 0,4	3,57	79,7 ± 0,4	4,99
Обхват груди: длина тела / Chest circumference: Body height	52,5 ± 0,2	3,59	51,8 ± 0,3	4,17	52,3 ± 0,5	4,60	52,9 ± 0,5	5,81
Обхват талии: длина тела / Waist circumference: Body height	43,0 ± 0,3	3,68	43,4 ± 0,3	4,03	43,8 ± 0,4	4,04	44,1 ± 0,6	6,77
Жировая складка под лопаткой (мм) / Subscapular skinfold (mm)	10,8 ± 0,3	3,79	11,2 ± 0,3	3,84	12,3 ± 0,9	7,77	12,6 ± 0,6	7,90
Жировая складка на трицепсе (мм) / Triceps skinfold (mm)	10,2 ± 0,27	3,94	10,4 ± 0,4	4,09	10,4 ± 0,7	6,50	10,5 ± 0,5	5,67
Жировая складка на предплечье (мм) / Forearm skinfold (mm)	6,3 ± 0,2	2,43	6,5 ± 0,2	2,58	5,8 ± 0,4	3,50	6,5 ± 0,3	3,46
Жировая складка на животе (мм) / Abdomen skinfold (mm)	17,3 ± 0,6	8,63	15,9 ± 0,7	8,07	18,3 ± 1,1	10,33	17,6 ± 0,9	10,52
Средняя жировая складка / Mean skinfold	11,2 ± 0,3	4,21	10,7 ± 0,3	3,85	11,7 ± 0,7	6,46	11,5 ± 0,5	6,28
Ширина колена (см) / Knee width (cm)	9,7 ± 0,04	0,49	9,7 ± 6,5	6,50	6,5 ± 6,5	6,50	6,5 ± 6,5	6,50
Массивность скелета / Knee width to body height ratio	5,5 ± 0,04	0,24	5,4 ± 0,03	0,35	5,6 ± 0,04	0,32	5,5 ± 0,03	0,39
Динамометрия пр.кести (кг) / Right hand dynamometry (kg)	45,6 ± 0,5	7,52	45,2 ± 0,6	7,99	45,9 ± 0,9	8,32	43,8 ± 0,7	8,16
Силовой индекс / Strength index	64,1 ± 0,7	10,69	63,0 ± 0,8	9,76	67,0 ± 1,1	10,32	61,4 ± 1,2	14,85
САД (мм рт. ст.) / SAP (mm Hg)	130,6 ± 1,0	13,78	124,8 ± 1,1	13,37	135,8 ± 1,6	14,22	128,9 ± 1,1	13,38
ДАД (мм рт. ст.) / DAP (mm Hg)	75,7 ± 0,6	8,15	74,0 ± 0,7	8,49	75,4 ± 1,1	9,63	79,5 ± 0,7	8,81
ЧСС (уд/мин) / HR (bpm)	76,5 ± 1,0	13,81	75,8 ± 1,1	14,03	75,4 ± 1,6	14,34	80 ± 1,1	13,72
Индекс Робинсона / Robinson index	100,1 ± 1,6	23,16	95,0 ± 1,8	22,49	102,9 ± 2,8	25,25	103,5 ± 1,9	23,01
Объем форсированного выдоха за 1 сек (л) / Forced expiratory volume in 1 sec (L)	3,7 ± 0,05	0,71	4,1 ± 0,1	0,78	4,4 ± 0,1	0,64	3,7 ± 0,06	0,76
Жировая масса (кг) / Fat mass (kg)	13,8 ± 0,4	5,88	12,7 ± 0,5	6,32	12,3 ± 0,6	5,91	16,6 ± 1,0	11,67
Активно-клеточная масса (кг) / Active cell mass (kg)	33,6 ± 0,3	3,61	35,1 ± 0,3	4,30	34,5 ± 0,5	4,66	32,9 ± 0,4	4,56
Скелетно-мышечная масса (кг) / Skeletal muscle mass (kg)	31,7 ± 0,2	3,10	32,8 ± 0,3	3,34	31,3 ± 0,4	3,67	30,9 ± 0,3	3,19
Основной обмен (ккал) / Basal metabolism (kcal)	1678,2 ± 8,1	113,99	1724,0 ± 10,6	135,60	1704,7 ± 16,3	147,26	1654 ± 12,1	144,20
Удельный обмен (ккал/м ²) / Basal metabolic rate (kcal/m ² per day)	885,0 ± 3,01	42,18	903,1 ± 4,0	51,41	921,4 ± 5,5	50,30	862,5 ± 4,2	50,48
Вода (кг) / Water (kg)	42,5 ± 0,3	4,22	43,6 ± 0,4	4,59	41,6 ± 0,5	5,00	42,1 ± 0,5	5,58

Примечания: *M* – среднее значение признака; *SD* – среднеквадратическое отклонение.

Notes: *M*, mean; *SD*, standard deviation.

Таблица 3. Статистические характеристики морфофункциональных показателей девушек в возрасте 17–23 лет, обследованных в разных городах России

Table 3. Statistical characteristics of morphofunctional indices of girls aged 17–23 years examined in different cities of Russia

Признаки / Parameters	Петрозаводск / Petrozavodsk (n = 264)		Москва / Moscow (n = 333)		Самара / Samara (n = 124)		Барнаул / Barnaul (n = 152)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Средний возраст (лет) / Average age (years)	19,0 ± 0,06	1,04	19,1 ± 0,1	1,28	19,2 ± 0,1	1,34	19,5 ± 0,1	1,30
Длина тела (см) / Body height (cm)	165,1 ± 0,4	6,64	165,8 ± 0,3	5,64	163,8 ± 0,5	5,38	165,01 ± 0,5	5,97
Масса тела (кг) / Body weight (kg)	58,7 ± 0,6	9,53	59,2 ± 0,5	9,50	57,5 ± 0,9	10,25	61,3 ± 1,2	14,25
Индекс массы тела (кг/м ²) / Body mass index (kg/m ²)	21,5 ± 0,2	2,92	21,5 ± 0,2	3,15	21,4 ± 0,3	3,47	22,5 ± 0,4	4,78
Диаметр плеч (см) / Biacromial diameter (cm)	35,9 ± 0,1	1,67	35,8 ± 0,1	1,84	35,5 ± 0,2	1,75	35,8 ± 0,1	1,62
Диаметр таза (см) / Biliac diameter (cm)	27,7 ± 0,1	1,68	27,7 ± 0,1	1,93	27,7 ± 0,1	1,68	27,8 ± 0,2	1,95
Диаметр плеч: длина тела / Biacromial diameter: Body height	21,7 ± 0,05	0,85	21,6 ± 0,1	1,01	21,7 ± 0,1	1,00	21,7 ± 0,07	0,90
Диаметр таза: диаметр плеч / Biliac diameter: Biacromial diameter	77,3 ± 0,3	4,35	77,4 ± 0,3	4,71	77,9 ± 0,4	4,31	77,7 ± 0,4	4,52
Диаметр таза: длина тела / Biliac diameter: Body height	16,8 ± 0,1	0,90	16,7 ± 0,1	1,05	16,9 ± 0,1	0,92	16,9 ± 0,1	1,06
Обхват груди (см) / Chest circumference (cm)	85,1 ± 0,3	5,55	85,3 ± 0,3	5,92	85,1 ± 0,5	5,88	86,6 ± 0,7	8,67
Обхват талии (см) / Waist circumference (cm)	68,0 ± 0,4	6,64	69,2 ± 0,4	6,67	69,6 ± 0,6	7,20	69,7 ± 0,8	9,85
Обхват бедер (см) / Hip circumference (cm)	94,9 ± 0,4	6,40	96,8 ± 0,4	6,73	95,0 ± 0,6	7,14	96,8 ± 0,7	9,29
Обхват талии: обхват бедер / Waist circumference: Hip circumference	71,6 ± 0,2	4,13	71,5 ± 0,2	3,86	73,2 ± 0,3	3,95	71,8 ± 0,4	4,74
Обхват груди: длина тела / Chest circumference: Body height	51,6 ± 0,2	3,24	51,5 ± 0,2	3,59	52,0 ± 0,3	3,67	52,5 ± 0,4	5,11
Обхват талии: длина тела / Waist circumference: Body height	41,2 ± 0,2	3,93	41,8 ± 0,2	4,04	42,5 ± 0,4	4,37	42,3 ± 0,5	5,85
Жировая складка под лопаткой (мм) / Subscapular skinfold (mm)	13,0 ± 0,3	4,88	12,6 ± 0,3	4,66	14,7 ± 0,7	8,00	14,8 ± 0,6	7,61
Жировая складка на трицепсе (мм) / Triceps skinfold (mm)	15,8 ± 0,3	4,18	15,7 ± 0,4	5,09	16,6 ± 0,6	7,19	16,2 ± 0,5	5,53
Жировая складка на предплечье (мм) / Forearm skinfold (mm)	8,5 ± 0,2	2,84	8,9 ± 0,2	3,79	7,0 ± 0,4	4,04	8,7 ± 0,3	3,33
Жировая складка на животе (мм) / Abdomen skinfold (mm)	19,4 ± 0,4	6,51	17,4 ± 0,4	6,71	23,8 ± 0,8	9,85	19,4 ± 0,6	7,73
Средняя жировая складка / Mean skinfold	13,8 ± 0,3	3,83	13,1 ± 0,4	4,40	15,5 ± 0,6	6,74	14,2 ± 0,5	5,35
Ширина колена (см) / Knee width (cm)	8,9 ± 0,03	0,49	9,1 ± 0,03	0,56	9,1 ± 0,04	0,51	9,02 ± 0,05	0,57
Массивность скелета / Knee width to body height ratio	5,4 ± 0,02	0,27	5,5 ± 0,02	0,33	5,5 ± 0,03	0,32	5,5 ± 0,03	0,33
Динамометрия пр. кисти (кг) / Hand dynamometry (kg)	27,9 ± 0,3	5,18	28,4 ± 0,3	4,99	28,7 ± 0,4	4,57	28,3 ± 0,4	5,45
Силовой индекс / Strength index	48,2 ± 0,5	9,01	48,7 ± 0,5	9,75	50,7 ± 0,8	9,17	47,5 ± 0,9	10,83
САД (мм рт. ст.) / SAP (mm Hg)	113,0 ± 0,8	12,61	108,6 ± 0,6	10,85	119,5 ± 1,0	11,38	110,8 ± 0,9	11,65
ДАД (мм рт. ст.) / DAP (mm Hg)	74,7 ± 0,5	7,53	71,9 ± 0,4	6,72	74,8 ± 0,7	8,41	76,7 ± 0,7	8,99
ЧСС (уд/мин) / HR (bpm)	81,3 ± 0,8	12,63	78,0 ± 0,7	12,67	77,0 ± 1,1	12,27	79,5 ± 1,03	12,76
Индекс Робинсона / Robinson index	92,2 ± 1,2	20,10	84,8 ± 1,0	17,40	92,4 ± 1,7	19,50	88,4 ± 1,5	19,08
Объем форсированного выдоха за 1 сек (л) / Forced expiratory volume in 1 sec (L)	2,1 ± 0,04	0,68	2,7 ± 0,03	0,53	3,2 ± 0,04	0,48	2,3 ± 0,05	0,63
Жировая масса (кг) / Fat mass (kg)	17,5 ± 0,4	6,39	16,9 ± 0,4	6,66	16,8 ± 0,7	7,44	19,8 ± 0,8	10,06
Активно-клеточная масса (кг) / Active cell mass (kg)	22,3 ± 0,1	2,40	23,3 ± 0,1	2,70	22,8 ± 0,2	2,42	22,2 ± 0,25	3,08
Скелетно-мышечная масса (кг) / Skeletal muscle mass (kg)	20,1 ± 0,1	2,20	21,0 ± 0,1	2,11	19,9 ± 0,2	2,08	20,0 ± 0,2	2,31
Основной обмен (ккал) / Basal metabolism (kcal)	1321,2 ± 4,7	75,91	1350,0 ± 4,7	84,89	1335,9 ± 6,9	76,44	1316,7 ± 7,9	97,34
Удельный обмен (ккал/м ²) / Basal metabolic rate (kcal/m ² per day)	809,9 ± 3,0	48,46	821,5 ± 3,0	52,53	830,5 ± 4,2	46,70	794,8 ± 3,7	46,08
Вода (кг) / Water (kg)	30,1 ± 0,2	2,86	31,1 ± 0,2	2,77	29,8 ± 0,3	2,85	30,4 ± 0,3	3,48

Примечания: *M* – среднее значение признака; *SD* – среднеквадратическое отклонение.

Notes: *M*, mean; *SD*, standard deviation.

Интересно отметить морфологические особенности телосложения у юношей Петрозаводска: у них самый высокий показатель широкоплечести и самый низкий тазовый указатель, что свидетельствует о ярко выраженных андроморфных (маскулиных) пропорциях скелета – широкие плечи и узкий таз. Для юношей Петрозаводска также характерны самые низкие значения обхвата талии и пониженное жироотложение (самый низкий индекс центрального ожирения и низкие значения средней жировой складки). Все перечисленные особенности можно отнести к мускульному (мышечному) типу телосложения, который, согласно полученным результатам, преобладает у петрозаводских юношей.

Юноши Самары по морфологическим характеристикам при сравнении с молодежью из других городов занимают в основном промежуточное положение. У них высокие значения индекса массивности скелета. По пропорциям скелета юноши Петрозаводска имеют средние значения ширины плеч и ширины таза при сравнении с другими мужскими группами, по низким значениям индекса массы тела они наиболее близки к московской молодежи, по развитию жироотложения (средняя жировая складка и отношение обхвата талии к длине тела) – к юношам Барнаула.

Морфологические профили у девушек сходны с таковыми у юношей (см. рис. 1). Девушки Барнаула и Самары отличаются от других обследованных женских групп наиболее высокими значениями

для большинства показателей телосложения. У барнаульских девушек отмечены максимальные значения индекса Ливи (крепкосложенность, хорошее развитие грудной клетки), обхвата талии и индекса массы тела, свидетельствующие о повышении тучности телосложения и склонности к избыточной массе тела (по сравнению с девушками из других городов) (см. рис. 1). Для девушек Самары также наблюдаются высокие значения обхвата талии, индекса центрального ожирения и средней жировой складки. При этом девушки Самары (как и юноши этого региона) отличаются наибольшими показателями массивности скелета. На рис. 1 хорошо прослеживается визуальная схожесть морфологических профилей у девушек Барнаула и Самары и максимальная близость показателей телосложения в этих городах по сравнению с другими выборками. В целом девушек из Барнаула и Самары можно характеризовать как относительно крепкосложенных с хорошим развитием жироотложения.

Девушки Москвы (так же, как юноши московского мегаполиса) по особенностям телосложения – самые узкосложенные (при сравнении с другими группами у них относительно узкие плечи и узкий таз), у них наименьшие значения средней жировой складки и индекса массы тела.

Девушки Петрозаводска – самые широкоплечие (максимальные значения индекса ширина плеч / длина тела) с минимальным обхватом талии и наименьшим индексом центрального ожирения (обхват талии / длина тела).

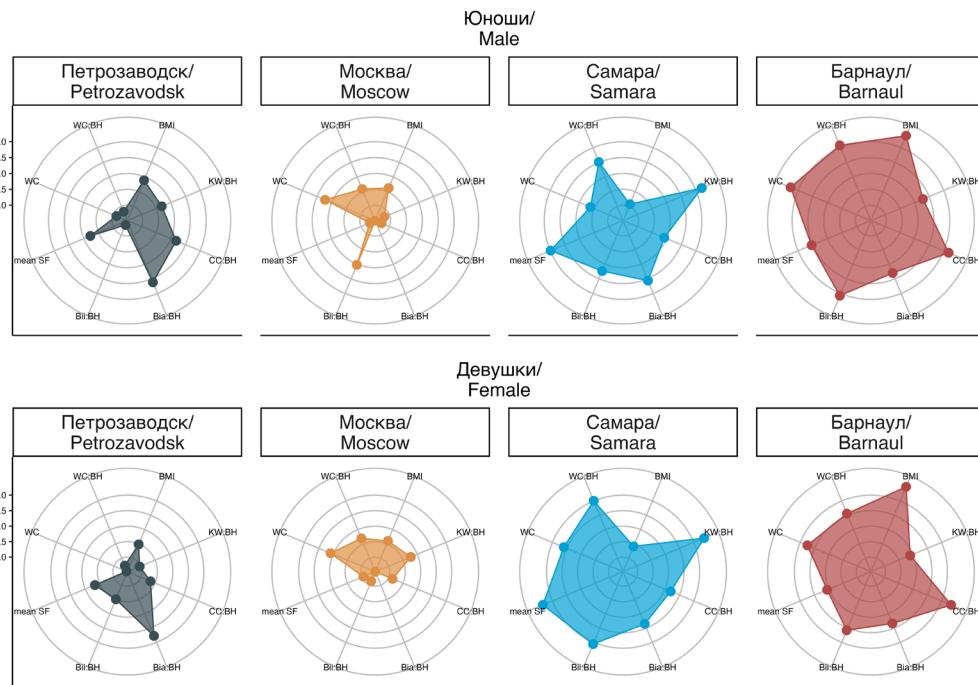


Рис. 1. Диаграммы сравнения (морфологические профили) показателей телосложения молодежи разных городов России

Примечания: BH – длина тела; BMI – индекс массы тела; CC – обхват груди; WC – обхват талии; Bia – диаметр плеч; Bii – диаметр таза; Mean SF – средняя жировая складка; KW – ширина колена.

Fig. 1. Comparison diagrams (morphological profiles) of body build indicators of young people from different Russian cities

Abbreviations: BH, body height; BMI, body mass index; CC, chest circumference; WC, waist circumference; Bia, Biacromial diameter; Bii, Biiliac diameter; Mean SF, Mean skinfold; KW, Knee width.

Наблюдаемые в настоящей работе региональные отличия не всегда статистически достоверны, однако для некоторых признаков различия достигают необходимого уровня значимости. Для морфологических признаков это показатели, связанные с массивностью скелета (у обоих полов) и количеством подкожного жироотложения (у девушек). Наиболее массивный скелет имеют юноши и девушки Самары (рис. 2). Юноши Самары достоверно отличаются по этому признаку от юношей Петрозаводска и Москвы. Помимо этого, наблюдаются достоверные различия между юношами Барнаула и Москвы (в Москве самые низкие значения массивности скелета). У девушек достоверные отличия по данному показателю наблюдаются лишь между выборкой Самары и Петрозаводска. По величине средней жировой складки достоверные различия наблюдаются у девушек Самары при сравнении с девушками Москвы и Петрозаводска. Для юнош доказательных различий по данному признаку не наблюдается.

Изменчивость функциональных показателей

У юношей и девушек показатели компонентного состава тела и функциональные характеристики сходны в разных городах. У юношей наиболее высокие показатели основного и удельного обмена, а также активной клеточной массы и объема форсированного выдоха (FEV1) отмечены для Москвы и Самары (рис. 3). Юноши Москвы также имеют наибольшие значения скелетно-мышечной массы, на втором месте по данному показателю находятся юноши Петрозаводска. Самые большие значения силового индекса характерны для юношей Самары. Повышенные значения перечисленных показателей свидетельствуют о хорошем физическом развитии и высоком уровне метаболических процессов. Минимальные значения для указанных признаков наблюдаются у юношей Барнаула, у которых вместе со снижением показателей физического развития (скелетно-мышечной, активной клеточной массы

и силового индекса), основного и удельного обмена веществ отмечены наибольшие значения жировой массы тела и индекса Робинсона по сравнению с другими мужскими группами обследованной молодежи. Высокие значения индекса Робинсона свидетельствуют об ухудшении деятельности сердечно-сосудистой системы [17].

Сходные закономерности вариативности показателей компонентного состава тела и функциональных характеристик наблюдаются в группах девушек (рис. 4). Высокие значения основного и удельного обмена веществ, активной клеточной массы, силового индекса и объема форсированного выдоха (FEV1) характерны для девушек Москвы и Самары (полученные результаты аналогичны тенденциям в мужских группах). Минимальные значения этих признаков отмечены для девушек Барнаула.

Для показателя жировой массы, так же как и в случае с юношами, наибольшие значения характерны для девушек Барнаула, минимальные наблюдаются в Москве и Самаре. Индекс Робинсона во всех группах девушек находится в пределах среднего уровня значений (см. табл. 3).

Сравнительный анализ параметров компонентного состава и функциональных характеристик показал более существенные различия между выборками разных городов. Наиболее значимыми являются различия в показателях удельного обмена веществ (рис. 5). Среди девушек минимальные значения этого признака наблюдаются в Барнауле, данная выборка имеет достоверные отличия от всех остальных групп. Девушки Петрозаводска также имеют относительно малые и достоверно отличающиеся от других городов показатели. В Москве и Самаре у девушек наблюдаются наиболее высокие значения удельного обмена, достоверных различий между выборками из этих городов не наблюдается. Для юношей наблюдаются аналогичные закономерности, при этом достоверные различия наблюдаются между всеми группами. Максимальные значения

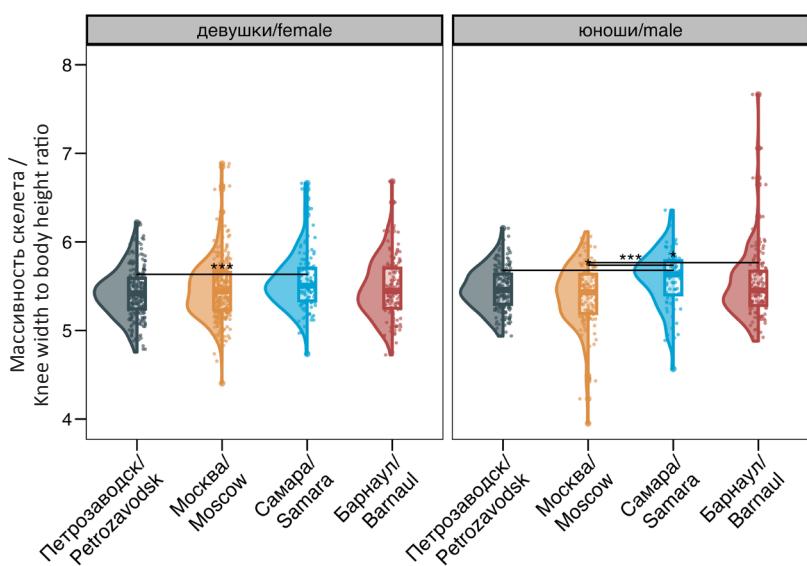


Рис. 2. Диаграмма сравнений показателей массивности скелета у юношей и девушек разных городов России
Fig. 2. Diagram of comparisons of knee width to body height ratios in young men and women from different cities of Russia

* $p \leq 0.05$; *** $p \leq 0.001$

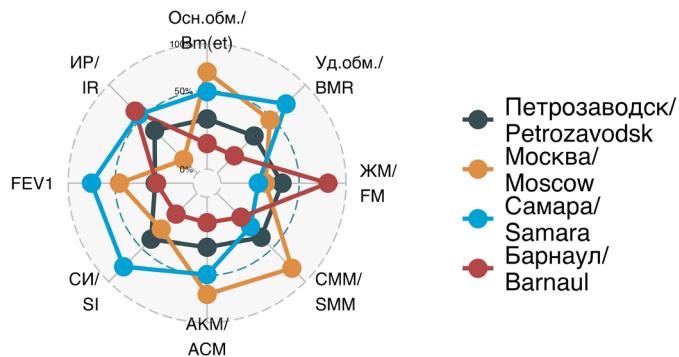


Рис. 3. Диаграмма сравнения компонентного состава тела и функциональных показателей юношей разных городов России

Примечания: Осн. обм. – основной обмен; Уд. обм. – удельный обмен; СИ – силовой индекс; ИР – индекс Робинсона; СММ – скелетно-мышечная масса; АКМ – активно-клеточная масса; FEV1 – объем форсированного выдоха за 1 сек.

Fig. 3. The diagram comparing the component body composition and functional indices of young men from different Russian cities

Abbreviations: Bm(et), basal metabolism; BMR, basal metabolic rate; SI, strength index; RI, Robinson index; SMM, skeletal muscle mass; ACM, active cell mass; FEV1, forced expiratory volume in 1 sec.

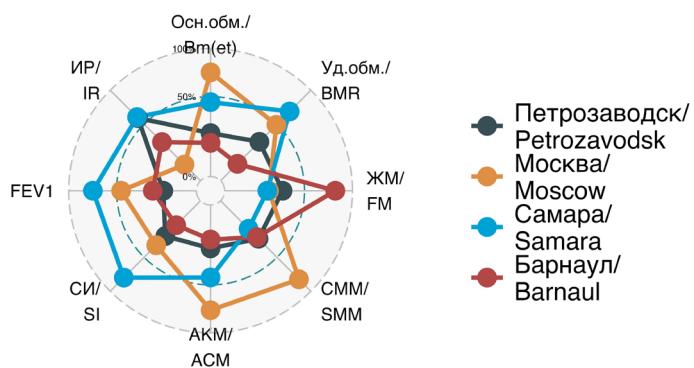


Рис. 4. Диаграмма сравнения компонентного состава тела и функциональных показателей девушек разных городов России

Примечания: Осн. обм. – основной обмен; Уд. обм. – удельный обмен; СИ – силовой индекс; ИР – индекс Робинсона; СММ – скелетно-мышечная масса; АКМ – активно-клеточная масса; FEV1 – объем форсированного выдоха за 1 сек.

Fig. 4. The diagram comparing the component body composition and functional indices of young women from different Russian cities

Abbreviations: Bm(et), basal metabolism; BMR, basal metabolic rate; SI, strength index; RI, Robinson index; SMM, skeletal muscle mass; ACM, active cell mass; FEV1, forced expiratory volume in 1 sec.

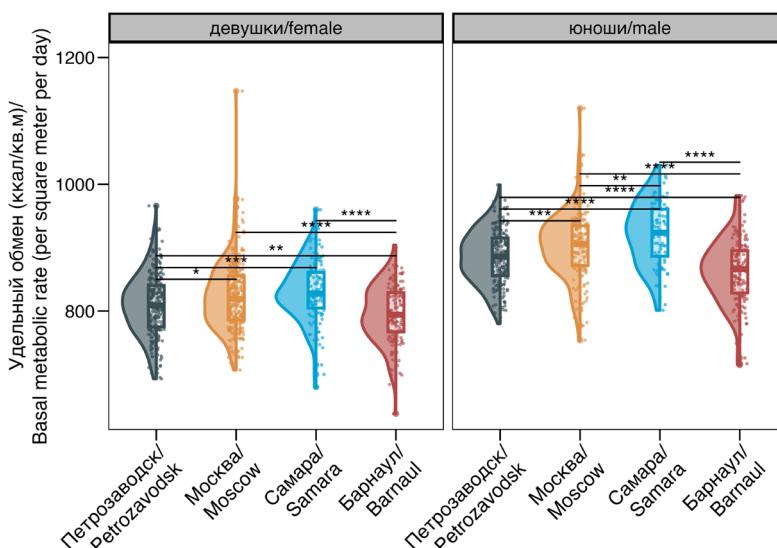


Рис. 5. Диаграмма сравнений показателей удельного обмена у юношей и девушек разных городов России

Fig. 5. The diagram comparing specific metabolism indicators in young men and women from different cities of Russia

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

удельного обмена веществ отмечены для юношей Самары.

По функциональным характеристикам сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также по показателю силовых возможностей достоверно значимых межгрупповых различий немного. По индексу Робинсона, который характеризует энергопотенциал сердечно-сосудистой системы, достоверно отличаются девушки Москвы от девушек Петрозаводска и Самары (рис. 6). Низкие значения индекса Робинсона у девушек Москвы свидетельствуют о лучшем функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы в этой группе обследованных. У юношей Москвы значения этого индекса также минимальны, однако достоверные различия наблюдаются только при сравнении с юношами Барнаула.

Обсуждение. Признаки, связанные с жироотложением, минимальны у московской молодежи, средние значения характерны для населения Самары, а максимальные – для юношей и девушек Барнаула. В предшествующих исследованиях населения этих и других городов России (Архангельск, Саранск) получены сходные закономерности [18, 19]. В современной отечественной и зарубежной научной литературе большое внимание уделяется увеличению параметров жироотложения [20–24], нередко описывается тенденция к абдоминальному типу жироотложения у современных детей и взрослых [25–27]. По результатам нашего исследования более низкие показатели общего жироотложения для молодежи Москвы по сравнению с другими городами России, возможно, обусловлены тем, что в больших городах (в частности, в московском мегаполисе) усиливается контроль за питанием у детского и взрослого населения, для них также характерен более высокий уровень медицинского обслуживания. Для столичной молодежи все более мощным социальным фактором влияния на формирование телосложения становится мода

и стереотипы массовой культуры, в последние десятилетия пропагандирующие «фитнес-стандарты» телесной красоты с пониженным жироотложением и хорошо развитой мускулатурой. Снижение показателей жироотложения у московской молодежи по сравнению с другими городами уже отмечалось авторами ранее, например по сравнению с Саранском и Архангельском [18]. В данном исследовании получены аналогичные результаты, характеризующие пониженное жироотложение у москвичей по сравнению с молодежью из Петрозаводска и Барнаула, что свидетельствует об устойчивости выявленных тенденций и формировании региональных морфологических особенностей.

Повышение значений индекса массы тела у студенческой молодежи Барнаула ранее уже отмечалось другими авторами, которые в качестве возможных причин указывали на влияние высокой степени загрязнения атмосферы, негативно сказывающегося на здоровье населения, а также негативные пищевые привычки [12, 28]. Результаты нашего исследования также подтверждают тенденцию повышения признаков, связанных с жироотложением, у жителей данного региона.

Ранее в литературе было высказано предположение о том, что одним из определяющих факторов в формировании комплекса атлетичности (высокие показатели физического развития) является экономическое благосостояние населения [29]. Результаты проведенного нами межгруппового анализа функциональных характеристик и показателей компонентного состава тела (уровень удельного обмена веществ, скелетно-мышечная масса, активно-клеточная масса и др.) свидетельствуют о том, что юноши и девушки мегаполисов (Москвы и Самары) имеют более высокий обмен веществ и другие показатели, связанные с физической активностью, по сравнению с молодежью из других городов, что согласуется с высказанным ранее предположением.

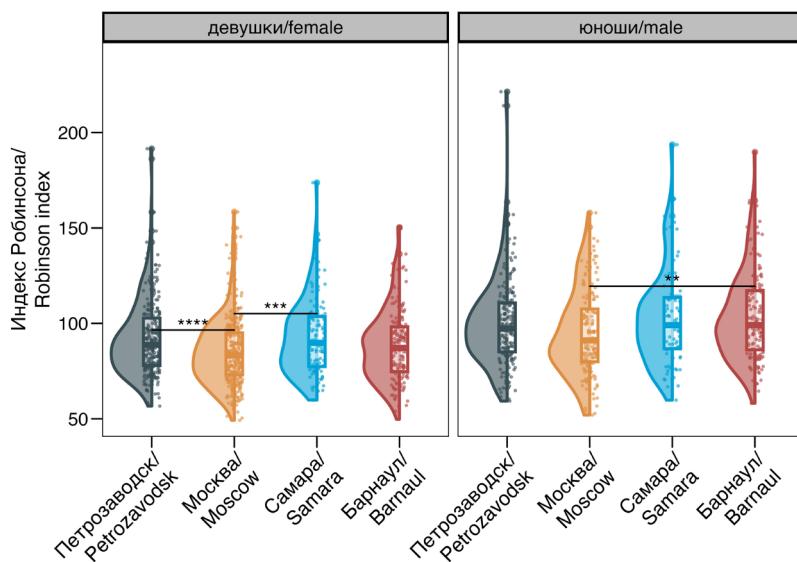


Рис. 6. Диаграмма сравнения значений индекса Робинсона у юношей и девушек разных городов России

Fig. 6. The diagram comparing values of the Robinson index in young men and women from different cities of Russia

** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

По результатам регионального сравнения функциональных параметров сердечно-сосудистой системы у московских юношей и девушек по сравнению с молодежью из других городов установлены относительно высокие показатели морфофункциональной адаптации. Индекс Робинсона является наиболее чувствительным маркером состояния сердечно-сосудистой системы, характеризует ее энергопотенциал и адаптационные возможности организма человека [17]. Повышение значений индекса Робинсона свидетельствует об ухудшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы и снижении адаптационных резервов организма. Наиболее низкие показатели индекса Робинсона отмечены у юношей и девушек Москвы, что соответствует оптимальному уровню функционирования сердечно-сосудистой системы и наличию хороших адаптационных резервов организма. Полученные результаты согласуются с данными исследований по другим городам России, в которых у московской молодежи также наблюдается снижение индекса Робинсона и улучшение функциональных показателей сердечно-сосудистой системы по сравнению с юношами и девушками из Саранска и Архангельска [18, 29]. Состояние сердечно-сосудистой системы во многом может быть обусловлено экономическим статусом региона, доступностью и качеством медицинского обслуживания населения [29], что также согласуется с нашими результатами, поскольку московский мегаполис характеризуется наиболее высокими региональными социально-экономическими показателями из всех представленных в данной работе городов.

В исследованиях других авторов показано, что для населения областей с более суровыми климатическими условиями характерно наибольшее напряжение в реакции гемодинамики [30]. Результаты нашего исследования косвенно подтверждают такую тенденцию, поскольку наименьший энергетический потенциал сердечно-сосудистой системы отмечен для жителей Барнаула.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлены региональные особенности морфофункционального статуса современной молодежи, обследованной в разных городах России. Разработаны и представлены в виде оригинальных паутинных диаграмм региональные (для молодежи разных городов России) морфофункциональные профили, структура которых базируется на наиболее информативных признаках, определяющих соматический статус и функциональные возможности адаптации к разным климатогеографическим и социально-экономическим условиям проживания. Морфофункциональные особенности в каждом из обследованных городов сходны у обоих полов, что свидетельствует об устойчивости и закономерности выявленных региональных тенденций изменчивости. Полученные результаты могут быть использованы для оценки и мониторинга морфофункционального статуса юношей и девушек с целью улучшения физических кондиций, адаптационных возможностей и соматического здоровья современной молодежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Торшин В.И., Северин А.Е. и др. Резервы организма и здоровье студентов из различных климатогеографических регионов // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2006. № 2. С. 37–41.
2. Смагулов Н.К., Ажиметова Г.Н. Роль факторов окружающей среды в формировании уровня здоровья населения // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11-1. С. 57–60.
3. Калюжный Е.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С. и др. Сравнительная оценка физического развития детей и подростков, проживающих на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 3. С. 34–42. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42
4. Сетяева Н.Н. Климато-географические и этнические факторы влияния на растущий организм в условиях приравненных к Крайнему Северу // Sciences of Europe. 2017. № 20-1 (20). С. 16–19.
5. Belkin V, Korostishevsky M, Batsevich V, Pavlovsky O, Volkov-Dubrovin V, Kobylansky E. Morpho-physiological features of human populations in the context of climatic-geographical conditions. *Coll Antropol.* 2012;36(3):729–743.
6. Crognier E. The influence of climate on the physical diversity of European and Mediterranean populations. *J Hum Evol.* 1981;10(8):611–614. doi: 10.1016/S0047-2484(81)80069-3
7. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
8. Доршакова Н.В. Качество окружающей среды и здоровье человека в условиях Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 204 с.
9. Молчанова Е.В. Факторы здоровья населения северных регионов (на примере республики Карелия) // Народонаселение. 2012. № 3. С. 28–33
10. Tiggemann M. Sociocultural perspectives on human appearance and body image. In: Cash TF, Smolak L, eds. *Body Image: A Handbook of Science, Practice, and Prevention.* 2nd ed. New York: Guilford Press; 2011:12–19.
11. Perloff RM. Social media effects on young women's body image concerns: Theoretical perspectives and an agenda for research. *Sex Roles.* 2014;71(11–12):363–377. doi: 10.1007/s11199-014-0384-6
12. Горбаненко М.С., Калаворян К.В., Погорелова А.В., Осипова И.В., Пырикова Н.В. Анализ привычек питания жителей Алтайского края и республики Алтай в зависимости от пола // *Scientist.* 2023. № 23. С. 1–14.
13. Иванов С.А., Невзорова Е.В., Гулин А.В. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы // Вестник российских университетов. Математика. 2017. № 6–2. С. 1535–1540. doi: 10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540
14. Keon-Woong M. ggiraphExtra: Make interactive 'ggplot2'. Extension to 'ggplot2' and 'ggigraph'. R package version 0.3.0. Accessed March 20, 2025. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggiraphExtra>
15. Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.* Springer-Verlag; 2016. doi: 10.1007/978-3-319-24277-4
16. Kassambara A. *rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests.* R package version 0.7.2, 2023. Accessed March 20, 2025. <https://rpkgs.datanovia.com/rstatix/>
17. Пуликов А.С., Москаленко О.Л. Уровень обменно-энергетических процессов у юношей в условиях городского техногенного загрязнения // Фундаментальные исследования. 2014. № 10-5. С. 955–958.

18. Негашева М.А., Зимина С.Н., Синева И.М., Юдина А.М. Особенности морфофункциональной адаптации студенческой молодежи, проживающей в разных городах России // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2018. № 3. С. 41–54. doi: 10.3252/2074-8132.2018.3.041-054
19. Синева И.М., Зимина С.Н., Пермякова Е.Ю., Хафизова А.А., Юдина А.М., Негашева М.А. Морфологические индикаторы физической активности современной студенческой молодежи // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2020. № 1. С. 5–15. doi: 10.32521/2074-8132.2020.1.005-015
20. Бондарева Э.А. Влияние эндогенных и экзогенных факторов на развитие ожирения // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2016. № 4. С. 27–36
21. Пермякова Е.Ю. Изучение показателей жироотложения в этническом и секулярном аспектах за последние 15 лет (на основе зарубежных литературных данных) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2016. № 2. С. 59–64
22. Cicek B, Ozturk A, Unalan D, Bayat M, Mazicioglu MM, Kurtoglu S. Four-site skinfolds and body fat percentage references in 6-to-17-year old Turkish children and adolescents. *J Pak Med Assoc.* 2014;64(10):1154-1161.
23. Klimek-Piotrowska W, Koziej M, Hołda MK, et al. Anthropometry and body composition of adolescents in Cracow, Poland. *PLoS One.* 2015;10(3):e0122274. doi: 10.1371/journal.pone.0122274
24. Marrodán Serrano MD, González-Montero de Espinosa M, Herráez Á, et al. Subscapular and triceps skinfolds reference values of Hispanic American children and adolescents and their comparison with the reference of Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Nutr Hosp.* 2015;32(6):2862-2873. doi: 10.3305/nh.2015.32.6.9775
25. Bahk J, Khang YH. Trends in childhood obesity and central adiposity between 1998–2001 and 2010–2012 according to household income and urbanity in Korea. *BMC Public Health.* 2016;16:18. doi: 10.1186/s12889-015-2616-2
26. Du P, Wang HJ, Zhang B, et al. Prevalence of abdominal obesity among Chinese adults in 2011. *J Epidemiol.* 2017;27(6):282-286. doi: 10.1016/j.je.2017.03.001
27. Suder A, Gomula A, Koziel S. Central overweight and obesity in Polish schoolchildren aged 7–18 years: Secular changes of waist circumference between 1966 and 2012. *Eur J Pediatr.* 2017;176(7):909-916. doi: 10.1007/s00431-017-2938-4
28. Филатова О.В. Распределение соматотипов и темпов полового развития у юношей в условиях городской и сельской местности Алтайского края // Экология человека. 2014. Т. 21. № 2. С. 12–19. doi: 10.17816/humeco17260
29. Синева И.М., Зимина С.Н., Юдина А.М., Хафизова А.А., Пермякова Е.Ю., Негашева М.А. Региональные аспекты влияния социально-экономических факторов на морфофункциональный статус и соматическое здоровье молодых женщин // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023. Т. 31. № 2. С. 177–184. doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-2-177-184.
30. Суханова И.В., Вдовенко С.И., Максимов А.Л., Марков А.Л., Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей у жителей европейского севера и северо-востока России // Экология человека. 2014. Т. 21. № 10. С. 3–11. doi: 10.17816/humeco17188

REFERENCES

1. Agajanian NA, Torshin VI, Severin AE, et al. Reserves of the human organism and health of the students from different climatic regions. *RUDN Journal of Medicine.* 2006;(2):37-41. (In Russ.)
2. Smagulov NK, Azhimetova GN. Role of factors of environment in formation of health level of the population. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Eksperimental'nogo Obrazovaniya.* 2013;(11-1):57-60. (In Russ.)
3. Kalyuzhny EA, Rakhmanov RS, Bogomolova ES, et al. Comparative assessment of physical development of children and adolescents living in territories with different levels of anthropogenic load. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2023;31(3):34-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42
4. Setyaeva NN. Climate-geographical and ethnic factors influence on the growing organism in conditions arranged to the external north. *Sci Eur.* 2017;20-1(20):16-19. (In Russ.)
5. Belkin V, Korostishevsky M, Batsevich V, Pavlovsky O, Volkov-Dubrovin V, Kobylansky E. Morpho-physiological features of human populations in the context of climatic-geographical conditions. *Coll Antropol.* 2012;36(3):729-743.
6. Crognier E. The influence of climate on the physical diversity of European and Mediterranean populations. *J Hum Evol.* 1981;10(8):611-614. doi: 10.1016/S0047-2484(81)80069-3
7. Nikolaev DV, Smirnov AV, Bobrinskaya IG, Rudnev SG. [Bioimpedance Analysis of Human Body Composition.] Moscow: Nauka; 2009. (In Russ.)
8. Dorshakova NV. [Environmental Quality and Human Health in Karelia.] Petrozavodsk: PetrSU Publ.; 1997. (In Russ.)
9. Molchanova EV. Factors affecting population health in northern regions (the case of the Republic of Karelia). *Narodonaselenie.* 2012;3(57):28-33. (In Russ.)
10. Tiggemann M. Sociocultural perspectives on human appearance and body image. In: Cash TF, Smolak L, eds. *Body Image: A Handbook of Science, Practice, and Prevention.* 2nd ed. New York: Guilford Press; 2011:12-19.
11. Perloff RM. Social media effects on young women's body image concerns: Theoretical perspectives and an agenda for research. *Sex Roles.* 2014;71(11-12):363-377. doi: 10.1007/s11199-014-0384-6
12. Gorbanenko MS, Kalavoryan KV, Pogorelova AV, Osipova IV, Pyrikova NV. [Analysis of eating habits of residents of the Altai Krai and the Altai Republic by sex.] *Scientist.* 2023;23(1):1-14. (In Russ.)
13. Ivanov SA, Nevzorova EV, Gulin AV. Quantitative evaluation of functional capability of cardio-vascular system. *Vestnik Tambovskogo Universiteta. Series: Natural and Technical Sciences.* 2017;22(6-2):1535-1540. (In Russ.) doi: 10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540
14. Keon-Woong M. ggiraphExtra: Make interactive 'ggplot2'. Extension to 'ggplot2' and 'ggigraph'. R package version 0.3.0. Accessed March 20, 2025. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggiraphExtra>
15. Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.* Springer-Verlag; 2016. doi: 10.1007/978-3-319-24277-4
16. Kassambara A. *rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests.* R package version 0.7.2, 2023. Accessed March 20, 2025. <https://rpkgs.datanovia.com/rstatix/>
17. Pulikov AS, Moskalenko OL. Level of the exchange-energy processes in young men in urban technogenic pollution. *Fundamental'nye Issledovaniya.* 2014;(10-5):955-958. (In Russ.)

18. Negashova MA, Zimina SN, Sineva IM, Yudina AM. Morphofunctional adaptation of young students living in different cities of Russia. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 23: Anthropology*. 2018;(3):41-54. (In Russ.) doi: 10.32521/2074-8132.2018.3.041-054
19. Sineva IM, Zimina SN, Permyakova EYu, Khafizova AA, Iudina AM, Negashova MA. Morphological indicators of physical activity in modern student youth. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 23: Anthropology*. 2020;(1):5-15. (In Russ.) doi: 10.32521/2074-8132.2020.1.005-015
20. Bondareva EA. The endogenous and exogenous factors influencing obesity. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 23: Anthropology*. 2016;(4):27-36. (In Russ.)
21. Permiakova EYu. A study of fat deposition indicators in ethnic and secular aspects for the last 15 years (based on published data). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 23: Anthropology*. 2016;(2):59-64. (In Russ.)
22. Cicek B, Ozturk A, Unalan D, Bayat M, Mazicioglu MM, Kurtoglu S. Four-site skinfolds and body fat percentage references in 6-to-17-year old Turkish children and adolescents. *J Pak Med Assoc*. 2014;64(10):1154-1161.
23. Klimek-Piotrowska W, Koziej M, Hołda MK, et al. Anthropometry and body composition of adolescents in Cracow, Poland. *PLoS One*. 2015;10(3):e0122274. doi: 10.1371/journal.pone.0122274
24. Marrodán Serrano MD, González-Montero de Espinosa M, Herráez Á, et al. Subscapular and triceps skinfolds reference values of Hispanic American children and adolescents and their comparison with the reference of Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Nutr Hosp*. 2015;32(6):2862-2873. doi: 10.3305/nh.2015.32.6.9775
25. Bahk J, Khang YH. Trends in childhood obesity and central adiposity between 1998–2001 and 2010–2012 according to household income and urbanity in Korea. *BMC Public Health*. 2016;16:18. doi: 10.1186/s12889-015-2616-2
26. Du P, Wang HJ, Zhang B, et al. Prevalence of abdominal obesity among Chinese adults in 2011. *J Epidemiol*. 2017;27(6):282-286. doi: 10.1016/j.je.2017.03.001
27. Suder A, Gomula A, Koziel S. Central overweight and obesity in Polish schoolchildren aged 7–18 years: Secular changes of waist circumference between 1966 and 2012. *Eur J Pediatr*. 2017;176(7):909-916. doi: 10.1007/s00431-017-2938-4
28. Filatova OV. Distribution of somatotypes and time of sexual development of young people in urban and rural areas of Altai region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(2):12-19. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco17260
29. Sineva IM, Zimina SN, Iudina AM, Khafizova AA, Permiakova EYu, Negashova MA. The regional aspects of social economic factors effect on morphophysiological status and somatic health of young women. *Problemy Sotsial'noy Gigienny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2023;31(2):177-184. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-2-177-184
30. Sukhanova IV, Vdovenko CI, Maximov AL, Markov AL, Solonin IG, Boiko ER. Comparative analysis of morphofunctional indices in residents of European North and Russia North-East. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(10):3-11. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco17188

Сведения об авторах:

✉ **Кузнецова** Ольга Алексеевна – к.б.н., научный сотрудник кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: fedorchukoa@my.msu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9645-2014>.

Негашева Марина Анатольевна – д.б.н., профессор кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: negasheva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-4316>.

Синева Ирина Михайловна – к.б.н., доцент кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: i-sineva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-898X>.

Кремнева Виктория Николаевна – к.п.н., заведующая кафедрой физической культуры института физической культуры, спорта и туризма ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»; e-mail: kremneva@petrsu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4885-5989>.

Филатова Ольга Викторовна – д.б.н., профессор кафедры зоологии и физиологии института биологии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»; e-mail: ol-fil@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5866>.

Хафизова Айнур Асхадовна – к.б.н., научный сотрудник кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Иванова Елена Андреевна – аспирант кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: lenaiva16@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9896-3258>.

Коршунова Дарина Дмитриевна – инженер-лаборант 1-й категории кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: darinawow388@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9522-2233>.

Юдина Анастасия Михайловна – инженер-лаборант 1-й категории кафедры антропологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: nastasia2455@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2456-0948>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: **Негашева М.А.**; сбор материалов: **Синева И.М.**, **Кремнева В.Н.**, **Филатова О.Н.**, **Хафизова А.А.**, **Иванова Е.А.**, **Коршунова Д.Д.**, **Юдина А.М.**; анализ и интерпретация результатов, литературный обзор, подготовка рукописи: **Негашева М.А.**, **Кузнецова О.А.** Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: сбор материалов антропологического обследования основан на добровольном участии респондентов с соблюдением правил биоэтики (экспертное заключение Комиссии по биоэтике МГУ имени М.В. Ломоносова, заявка № 19-ч в редакции № 2 от 15.05.2023, протокол заседания Комиссии № 152-д-з от 18.05.2023). Перед проведением антропометрических измерений все участники подписывали информированное добровольное согласие и согласие на обработку персональных данных.

Финансирование: работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-18-00086.

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

Статья получена: 23.11.24 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ Olga A. **Kuznetsova**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: fedorchukoa@my.msu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9645-2014>.

Marina A. **Negasheva**, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: negasheva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-4316>.

Irina M. **Sineva**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: i-sineva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-898X>.

Victoria N. **Kremneva**, Cand. Sci. (Pedag.), Head of the Department of Physical Culture, Institute of Physical Culture, Sports and Tourism, Petrozavodsk State University; e-mail: kremneva@petrsu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4885-5989>.

Olga V. **Filatova**, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Zoology and Physiology, Institute of Biology and Biotechnology, Altai State University; e-mail: ol-fil@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5866>.

Ainur A. **Khafizova**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: aya.khafizova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-6792>.

Elena A. **Ivanova**, postgraduate student, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, e-mail: lenaiva16@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9896-3258>.

Darina D. **Korshunova**, First Category Laboratory Engineer, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: darinawow388@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9522-2233>.

Anastasia M. **Yudina**, First Category Laboratory Engineer, Department of Anthropology, Department of Anthropology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: nastasia2455@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2456-0948>.

Author contributions: study conception and design: Negasheva M.A.; data collection: Sineva I.M., Kremneva V.N., Filatova O.N., Khafizova A.A., Ivanova E.A., Korshunova D.D., Yudina A.M.; analysis and interpretation of results, bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: Negasheva M.A., Kuznetsova O.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Anthropological data collection was based on voluntary participation of respondents in compliance with the rules of bioethics (expert opinion of the Bioethics Commission of Lomonosov Moscow State University, application No. 19-ч in revision No. 2 of May 15, 2023; protocol No. 152-д-з of May 18, 2023). All participants signed informed consent for participation in the study and personal data processing prior to taking measurements.

Funding: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-18-00086.

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

Received: November 23, 2024 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Морфофункциональные особенности пловцов в зависимости от спортивной специализации (обзор)

А.И. Рязанцев^{1,2}, М.А. Суботялов^{1,3}

¹ ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», ул. Вилюйская, д. 28, г. Новосибирск, 630126, Российская Федерация

² Спортивная школа олимпийского резерва «Центр водных видов спорта», ул. Курчатова, д. 13/2, г. Новосибирск, 630129, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ул. Пирогова, д. 1, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация

Резюме

Введение. Грамотно организованный процесс спортивного отбора в плавании минимизирует цену адаптации к нагрузкам у юных пловцов и позволит им достичь высоких результатов при условии сохранения соматического и психического здоровья.

Цель исследования – представление литературных данных о морфологических и функциональных особенностях пловцов в зависимости от спортивной специализации.

Материалы и методы. Использовались статьи в изданиях, включенных в РИНЦ, PubMed. Статьи были отобраны нами по принципу наличия в них информации о морфофункциональных особенностях пловцов в зависимости от спортивной специализации. Глубина поиска публикаций составила 60 лет. В итоге было проанализировано более 110 статей, в результате отобрано 36 полнотекстовых публикаций, из них 8 статей не старше 5 лет.

Результаты. Наибольшими линейными размерами тела обладают кролисты-спринтеры и спинисты. Выявлено, что чем больше длительность соревновательной дистанции, тем меньше сегментарные длины. Величина обхватов не зависит от продолжительности дистанции, но обусловлена биомеханическими особенностями гребковых, толчковых и ударных движений. Функциональные показатели имеют онтогенетическую зависимость: чем старше пловец, чем больше его тренировочный стаж и выше квалификация – тем более эффективное у него кровообращение, более сильные инспираторные мышцы и большие дыхательные емкости. У пловцов с разными специализациями отличаются фоновые значения параметров гемодинамики. Имеет место зависимость функциональной активности от периода подготовки. При нагрузочных тестированиях отмечается привязанность результатов функционального исследования к специализации пловцов и направленности тренировочного процесса.

Заключение. Литературные данные дают представление об особенностях пловцов с разной спортивной специализацией: морфологические и физиологические показатели пловцов отличаются в зависимости от продолжительности дистанции и биомеханического характера локомоторных двигательных действий. Настоящие данные могут быть использованы для совершенствования спортивного отбора и увеличения эффективности здоровьесберегающих мероприятий у юных спортсменов.

Ключевые слова: здоровье, спортивный отбор, спортивная специализация, плавание, морфология, физиология.

Для цитирования: Рязанцев А.И., Суботялов М.А. Морфофункциональные особенности пловцов в зависимости от спортивной специализации (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 43–53. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-43-53

Sports Specialization-Specific Morphofunctional Characteristics of Swimmers: A Review

Andrey I. Riazantsev,^{1,2} Mikhail A. Subotyalov^{1,3}

¹ Novosibirsk State Pedagogical University, 28 Vilyuyeskaya Street, Novosibirsk, 630126, Russian Federation

² Olympic Reserve Sports School “Water Sports Center”, 13/2 Kurchatov Street, Novosibirsk, 630129, Russian Federation

³ Novosibirsk National Research State University, 1 Pirogov Street, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Summary

Introduction: A well-organized process of sports selection in swimming minimizes the cost of adaptation to loads in young athletes and allows them to achieve great results while maintaining physical and mental health.

Objective: To present literary data on the morphological and functional characteristics of swimmers depending on their sports specialization.

Materials and methods: We reviewed articles indexed in RSCI and PubMed databases and containing information about morphofunctional features of swimmers by their sports specialization. The search depth amounted to 60 years. As a result, more than 110 articles were analyzed and 36 full-text publications were selected, including 8 articles published over the past five years.

Results: Crawl sprinters and backstroke swimmers have the largest linear dimensions of the body. We established that the longer the competitive distance, the smaller the segmental lengths. Circumference values are unrelated to the length of the distance but are determined by biomechanical characteristics of the rowing, pushing, and striking movements. Functional indicators have an ontogenetic dependence: the older the swimmer, the longer his training experience and the higher his qualifications, the more effective his blood circulation, the stronger his inspiratory muscles and the larger his respiratory capacity. Swimmers with different specializations have different background values of hemodynamic parameters. Functional activity is associated with the period of training. Load testing shows that functional test results are closely related to swimmers' specialization and the focus of their training process.

Conclusion: Published data provide insight into specific characteristics of swimmers having different sports specialization: morphological and physiological parameters of these athletes depend on the distance and the biomechanical nature of locomotion. Our findings can be used to improve sports selection and increase the effectiveness of health preserving measures in young athletes.

Keywords: health, sports selection, sports specialization, swimming, morphology, physiology.

Cite as: Riazantsev AI, Subotyalov MA. Sports specialization-specific morphofunctional characteristics of swimmers: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):43–53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-43-53

Введение. Плавание является одним из самых популярных видов спорта в стране. Высокая масштабность плавания создаёт и высокую потребность в научном и методическом обеспечении процесса физического воспитания. Как и любой другой вид спорта, плавание не может существовать вне системы, в которую входят санитарно-гигиенические условия занятий, здоровьесберегающие технологии, программы и планы тренировочных мероприятий, соревнования, процессы спортивной ориентации и отбора, сами обучающиеся, их физическое и психоэмоциональное состояние, режим сна и питания [1–3].

При высокой популярности плавания в стране решение проблем спортивной ориентации и отбора становится одной из главных задач, которая ставится перед морфологами и физиологами, врачами, психологами и педагогами. По имеющимся данным, ориентация и отбор в плавании строятся на изучении медико-биологических и психолого-педагогических особенностей пловцов разного пола, возраста и соревновательной специализации [4, 5]. Отдельное место принадлежит морфологическим и функциональным параметрам модельных характеристик пловца. Считается, что несоответствие спортсмена одному или нескольким параметрам модели пловца усложнит освоение тренировочной программы и приведет к тому, что такой спортсмен будет вынужден компенсировать несоответствие за счет предельного напряжения функциональных систем [6]. Такой вариант тренировочного процесса будет считаться малоэффективным и скажется на состоянии здоровья занимающегося. Поэтому чем больше начинающий спортсмен соответствует модели пловца и чем меньше факторов, затрудняющих возможность достижения высоких спортивных результатов, тем ниже требования к компенсаторным механизмам и выше вероятность сохранения соматического и психического здоровья.

Цель исследования – представление литературных данных о морфологических и функциональных особенностях пловцов в зависимости от спортивной специализации.

Материалы и методы. При подготовке и написании настоящей научной статьи использовались рекомендации для систематических обзоров PRISMA.

Основным источником информации была выбрана научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, в которой осуществлялся поиск научных статей и монографий. При подборе статей были сформулированы критерии включения их в подборку. Первый критерий: статьи должны быть опубликованы в профильных научных рецензируемых журналах, осуществляющих слепое рецензирование. Второй

критерий: статьи должны быть опубликованы в 25-летний период, то есть с 1999 по 2024 год. Третий критерий: в подборку включаются только клинические исследования, двойные слепые плацебо-контролируемые исследования, метаанализы, обзоры и систематические обзоры. Четвертый критерий: в оригинальных исследованиях должны использоваться стандартные методы математического анализа, размер выборки должен быть достаточным для проведения статистического анализа. Пятый критерий: методы исследования в статьях должны быть стандартными и информативными, также должно быть четкое описание протокола исследования и участующего контингента для возможности воспроизведения полученных результатов. Отметим, что дополнительно в анализ включались литературные источники за более чем 25-летний период (глубина поиска: 1960–1998) ввиду уникальности данных или отсылки к историческим аспектам изучаемой темы.

Первоначальная выборка статей составила 113 литературных источников. После исключения работ, не попавших в подборку из-за несоответствия критериям, анализу было подвергнуто 49 литературных источников.

Ключевыми словами для поискового запроса на платформе eLIBRARY.RU являлись «пловцы», «морфология пловцов», «антропометрия пловцов», «физическое развитие пловцов», «физическое здоровье пловцов», «функциональные показатели пловцов», «функциональные резервы пловцов», «кардиореспираторная система пловцов», «гематологические показатели пловцов», «метаболические показатели пловцов», «спортивная специализация пловцов».

Результаты. Многолетняя динамика показателей физического развития пловцов характеризуется неуклонным ростом тотальных, линейных и обхватных размеров тела. Ниже представлена таблица, в которой сравниваются тотальные размеры тела пловцов-спринтеров высокого класса (см. табл. 1).

Из таблицы видно, что за более чем 80 лет значительно увеличились длина и масса тела пловцов-спринтеров высокого класса [7–10]. Само по себе изменение размеров тела не имело бы большой значимости, если бы была стагнация мировых рекордов. В действительности же мировые рекорды обновляются практически каждый год. Булгакова Н.Ж. в одной из своих работ отмечает, что рост мировых рекордов сопряжен с ростом уровня физического развития пловцов [11]. На рис. 1 представлена динамика длины тела сильнейших пловцов мира с 1920-х по 2000-е годы. Учитывая, что мировые рекорды обновляются каждое десятилетие,

Таблица 1. Тотальные размеры тела высококвалифицированных пловцов по данным разных авторов
Table 1. Total body sizes of highly skilled swimmers according to different authors

Показатель / Indicator	Попов А.В. (1997) / Popov A.V. (1997)	Булгакова Н.Ж. (1978) / Bulgakova N.Zh. (1978)	Сергиенко Л.П. (2013) / Sergienko L.P. (2013)	Пригода Г.С. (2022) / Prigoda G.S. (2022)
Период исследования / Study period	1940	1978	2013	2022
Длина тела, см / Body height, cm	175,1	180,1	191,2	195,23
Масса тела, кг / Body weight, kg	72,1	75,0	85,2	91,5

то исторический факт становится очевидным: чем больше становились тотальные размеры тела, тем быстрее плыли спортсмены. Увеличение габаритов пловцов имеет определенную историческую связь.

Постоянный рост спортивных результатов, изменения в технических и тактических нюансах соревновательной деятельности пловцов, очевидно, приводят и к изменению морфологического статуса атлетов [12].

Плавание – уникальный вид спорта, в нем есть сразу три особенности: горизонтальное положение тела, водная среда, многообразие способов перемещения. Первая особенность будет влиять на место нахождения центра тяжести, зависимость соревновательного успеха от длины тела, длины рук; вторая особенность – на наличие относительно большого механического сопротивления, условия плавучести тела и т. д. Третья особенность предполагает разделение спортсменов на спринтеров, средневиков и стайеров, разделение по способам плавания. Наличие таких особенностей непременно сказывается на морфологических показателях пловцов.

Взрослые пловцы, прошедшие все этапы спортивного отбора, имеют ряд отличий в зависимости от стиля плавания и продолжительности соревновательной дистанции. По данным Булгаковой Н.Ж., наибольшим ростом и обхватом грудной клетки (ОГК) обладают спинисты и кролисты-спринтеры [8]. Наименьший рост встречается у кролистов-стайеров, они же имеют наименьшую массу тела и ОГК. Средними показателями роста, веса и ОГК характеризуются спортсмены, специализирующиеся в плавании баттерфляем, брассом и комплексом. Абсолютная площадь поверхности тела наибольшая у кролистов-спринтеров и спинистов, а относительная площадь поверхности тела – у брассистов. Более поздние литературные данные говорят о сохраняющихся тенденциях [13–15].

Наибольшими линейными размерами сегментов тела обладают кролисты-спринтеры и спинисты, наименьшими – брассисты и кролисты-стайеры [8]. Обхватные размеры сильно отличаются в зависимости от биомеханических характеристик способов плавания. Бедро наиболее развито у брассистов, баттистов и комплексистов, развитие голени имеет сопоставимые значения во всех стилях плавания. Обхват плеча наибольший у кролистов-спринтеров и баттистов, обхват предплечья – у комплексистов, спинистов и кролистов-средневиков [8].

Соотношение обхвата и длины конечности показывает на преобладание продольных или линейных размеров. В результате исследований пловцов высокого класса была получена следующая картина: коэффициент мощности плеча уменьшался в ряду баттисты, кролисты-спринтеры, спинисты, брассисты, кролисты-средневики, комплексисты, кролисты-стайеры [16]. Коэффициент мощности предплечья наибольший у спинистов, наименьший у кролистов-стайеров. Также было определено, что по коэффициенту мощности спортсмены, плавающие дельфином, кролем (спринтеры), брассом и на спине, имеют длинную «сухую» голень, а комплексисты

и кролисты-стайеры имеют более длинное и «сухое» бедро [16].

Различаются высококвалифицированные спортсмены и по компонентному составу тела (рис. 2). Как правило, по мере роста продолжительности основной соревновательной дистанции уменьшаются содержание активной массы тела (мышечная + костная массы), величина жирового компонента и средней кожно-жировой складки [6, 8, 14]. Видны различия и по способам плавания: наименьшие значения мышечной массы фиксируются у комплексистов, у кролистов-стайеров и кролистов-средневиков.

Отдельный интерес представляют онтогенетические изменения морфологических показателей. Модельные характеристики высококвалифицированных спортсменов служат как бы ориентиром для подрастающего поколения, однако необходим контроль за основными показателями здоровья на всех этапах развития юных пловцов [12, 17].

Вопросами физического здоровья пловцов на разных этапах онтогенеза занимались многие ученые и специалисты [6, 8, 12–13, 15–26].

Давыдов В.Ю. и соавт. по ряду обследований юношеской и юниорской сборной команды России по плаванию определили, что с 10 до 19 лет среднегрупповые показатели длины и массы тела, линейные и обхватные размеры сегментов тела имеют тенденцию к неуклонному росту [20, 27]. При этом в 14 лет зарегистрированы наименьшие показатели процентного содержания мышечной массы в популяции, а в 15 лет – наивысшие, что, вероятно, связано со скачком роста длины тела и сегментов тела в 14-летнем возрасте, процент мышечной массы уменьшился за счет увеличения процента костной массы. Максимальное развитие жировой массы у юношей отмечается в 18 лет, а у девушек – в 16 лет.

По результатам комплексной оценки Давыдов В.Ю. и соавт. определили, что большая часть обследуемых пловцов имела средний и выше среднего уровень физического развития – 62,2 и 24,4 % соответственно [27]. К уровню ниже среднего относилось 8,9 %, а к высокому уровню – 4,5 % девушек.

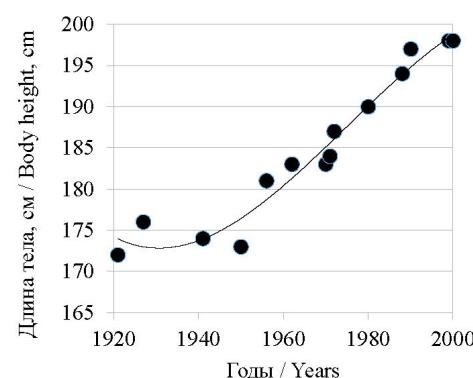


Рис. 1. Многолетняя динамика длины тела лучших пловцов мира, специализирующихся в плавании вольным стилем (по Булгаковой Н.Ж.)

Fig. 1. Long-term dynamics of body height of the best swimmers in the world specializing in freestyle swimming (according to Bulgakova N.Zh.)

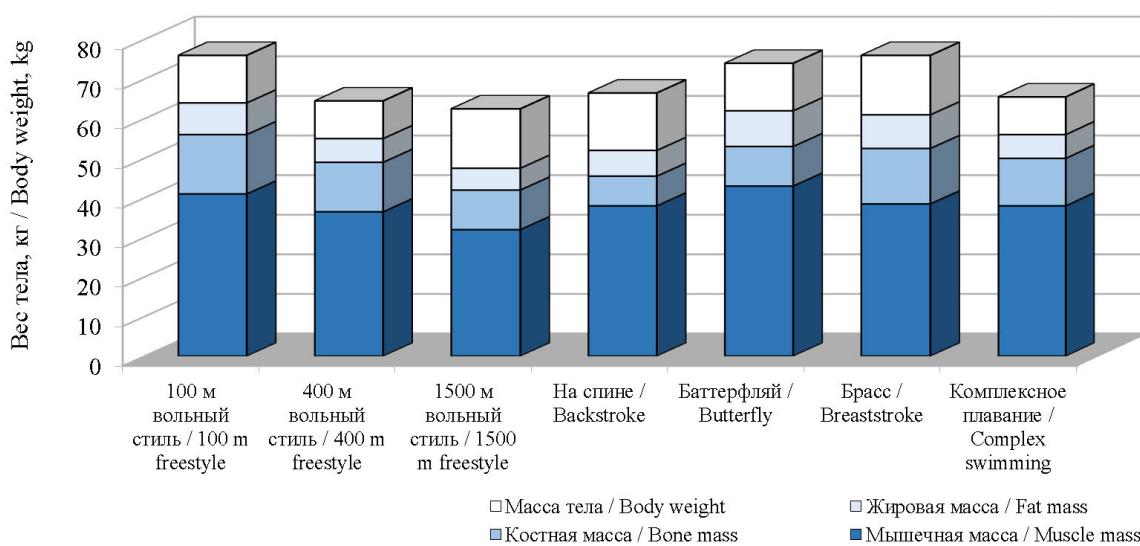


Рис. 2. Компонентный состав тела высококвалифицированных пловцов в зависимости от спортивной специализации по данным Булгаковой Н.Ж.

Fig. 2. Body composition of highly qualified swimmers by sports specialization according to Bulgakova N.Zh.

У юношей складывалась примерно такая же картина: большинство пловцов имели средний и выше среднего уровни физического развития – 69,7 и 21,6 % соответственно, к уровню ниже среднего относилось 9,1 % и к высокому уровню было отнесено 1,5 % спортсменов [27].

Отметим: в работах Давыдова В.Ю. показано, что между возрастными группами пловцов и пловчих присутствуют достоверные отличия в оценке морфологического состояния, например, у совершенолетних пловцов и пловчих в возрасте 18 и 19 лет морфологическое состояние на 100 % оценивается как среднее [27]. При этом в 15 лет у юношей и в 16 лет у девушек отмечаются лучшие показатели.

Высокая изменчивость показателей физического развития и зависимость успешности в плавании от антропометрических характеристик говорят о необходимости изучения особенностей морфологических показателей при комплексном контроле, спортивном отборе и спортивной ориентации [28].

Несмотря на хороший уровень прогностических способностей показатели физического развития не отражают уровень резервов функциональных систем [29]. Изучение функциональной подготовленности является неотъемлемой частью комплексного контроля в спорте, физической культуре и образовательной сфере.

Говоря о функциональных возможностях, необходимо помнить, что любая функция имеет свое место- положение в нашем организме. По мнению академика Саркисова Д.С. и соавт., любая функция ограничена ее структурой [30]. Например, максимальная насосная функция сердца ограничена максимальной мощностью сокращений, которую способны развивать кардиомио- цитарные миофибрillы, и максимальным объемом левого желудочка. При таком подходе изменение любой функции организма заключается, в первую очередь, в изменении соответствующих структур на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях [30]. Так,

в своей работе Саркисов Д.С. и Втюрин Б.В. связывают повышение выносливости сердца с увеличением синтеза РНК, повышением митохондриальной массы и активности окислительных ферментов [31]. Наличие функциональных особенностей у спортсменов также необходимо рассматривать через призму теории структурных основ адаптационно-компенсаторных процессов [12, 32].

Функциональные системы организма человека представлены нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой, респираторной, пищеварительной, выделительной и половой системами, а также системой крови, иммунной и лимфатической системами, костно-мышечным аппаратом. При обследовании пловцов повышенное внимание уделяется системам, отвечающим за абсорбцию, транспорт и утилизацию кислорода, системам регуляции и иммунной системы.

Ряд исследователей отмечает онтогенетические особенности центральной гемодинамики у пловцов [33–35]. Погодина С.В. обнаружила, что у детей в возрасте 9–10 лет, имеющих малый тренировочный стаж, имеется низкая эффективность кровообращения в состоянии физиологического покоя [35]. Но при увеличении календарного возраста и стажа тренировок кровообращение у юных спортсменов приобретает емкостный тип. Последние данные подтверждаются в исследовании Вахитова И.Х. и соавт., они показали, что с возрастом изменяются параметры гемодинамики [36]. С возрастом у пловцов в общем кровообращении все большую долю начинает занимать систолический объем сердца, а доля ЧСС уменьшается. По утверждению авторов, немалую роль в этом играет направленность тренировочного процесса. Интересными являются данные, показывающие различия между морфометрическими характеристиками сердца спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса. Регулярные тренировки на выносливость у пловцов 14–15 лет, по данным Малах О.Н., приводят к дилатации камер сердца и физиологической гипертрофии миокарда,

тогда как скоростно-силовые тренировки приводят к незначительному ремоделированию миокарда [37].

Показатели сердечно-сосудистой системы имеют зависимость и от периода исследования. Например, в соревновательный период у пловцов отмечается снижение ЧСС и увеличение СОК при сохранении МОК, что говорит о повышении эффективности кровообращения [38]. В процессе перехода из одного тренировочного периода в другой меняется тип гемодинамики: если в начале подготовки регистрируется большое количество пловцов с гипокинетическим типом, то по мере роста объема и интенсивности нагрузки все чаще встречаются случаи гиперкинетического и эукинетического типов [39]. Но при непосредственной подготовке к соревнованиям, то есть в предсоревновательный период, снова возрастает количество спортсменов с гипокинетическим типом в популяции.

Спортсмены, специализирующиеся в плавании на разных дистанциях, по данным научной литературы, обладают не только разным телосложением, но и разными показателями гемодинамики. В фоне стайеров имеют меньшие значения среднего и систолического АД по сравнению со спринтерами, средневики занимают промежуточную позицию [40]. Наибольшие значения СОК и МОК, рассчитанные на 1 кг массы тела или на 1 м² площади поверхности тела, принадлежат стайерам, наименьшие – спринтерам, а средние – средневикам. Стайеры также имеют наименьшие значения индекса Робинсона, отражающего экономичность работы сердечно-сосудистой системы.

Если говорить о высококвалифицированных спортсменах, то у пловцов-спринтеров частота сердечных сокращений в фоне лежит в диапазоне от 50,50 до 61,70 уд./мин, систолическое артериальное давление – в диапазоне от 115 до 125 мм рт. ст., а диастолическое артериальное давление находится в пределах от 70 до 80 мм рт. ст. [41]. Показатели элитных пловцов-стайеров имеют несколько меньшие значения, что, безусловно, говорит об экономизации работы ССС [39].

Результаты нагрузочного тестирования пловцов разного возраста и спортивной специализации по материалам ряда исследований имеют определен-

ные различия [33, 34, 40, 42, 43]. Кириянова М.А. и Калинина И.Н. в своем исследовании показали, что реакция на ортостатическую пробу у пловцов-стайеров и пловцов-средневиков менее выражена, чем у пловцов-спринтеров [34, 40]. У последних наблюдалось снижение объема кровенаполнения сердца с увеличением механической деятельности сердца. Оценка реакции ССС на пробу РВС₁₇₀ производилась в работе Вагаповой А.М. [33]. Было показано, что юные пловцы имели более высокие показатели физической аэробной работоспособности, чем дети, никогда не занимавшиеся спортом. Также по результатам исследования было видно, что пловцы-брассисты сильнее реагировали на нагрузку, чем пловцы-кролисты. У кролистов прирост МОК в большей степени зависел от СОК, чем от ЧСС, а у брассистов наблюдалась обратная тенденция. Работоспособность пловцов (без учета специализации), в отличие от не тренирующихся детей, имела постепенный достоверный рост с 8 до 17 лет. Эту же динамику подтверждают Соловьев И.Н. и соавт. [42]. Меняются уровень работоспособности, реакция на нагрузку и при тестировании спортсменов в разные периоды спортивного сезона [30].

Особенности работоспособности спринтеров, средневиков и стайеров могут быть связаны с разным уровнем развития аэробных и анаэробных потенций [44, 45]. В результате исследования Войтенко Ю.Л. и Соломатина В.Р. было установлено соотношение между аэробными и анаэробными системами энергообеспечения у пловцов высокой квалификации (табл. 2).

Как видно из таблицы, у стайеров и средневиков основными процессами являются аэробные, у спринтеров – гликолитические и алактатные. Аэробное энергообеспечение напрямую зависит от скорости и количества поступающего О₂ и от возможностей его утилизации. Последняя функция связана с массой митохондрий, их топографическим расположением, с активностью ферментов. Данные, приводимые Ширковцом Е.А. и Теном А.М., указывают на повышение активности аэробных ферментов (представлено СДГ) при удлинении дистанции и увеличение активности анаэробных ферментов (представлено ЛДГ-М) при уменьшении дистанции

Таблица 2. Соотношение метаболических процессов при плавании на различных дистанциях (по данным Войтенко Ю.Л. и Соломатина В.Р.)

Table 2. The ratio of metabolic processes during swimming at different distances (according to Voitenko Yu.L. and Solomatin V.R.)

Метаболические процессы / Metabolic processes	Уровень работоспособности спортсменов различной специализации / Performance level of athletes of different specializations		
	Пловцы / Swimmers		
	Спринтеры / Sprinters (n = 28)	Средневики / Mid-distance (n = 26)	Стайеры / Stayers (n = 38)
Аэробная мощность / Aerobic power, %	38	44	28
Аэробная емкость / Aerobic capacity, %	7	22	34
Аэробная эффективность / Aerobic efficiency, %	5	9	10
Гликолитическая мощность / Glycolytic power, %	13	13	10
Гликолитическая емкость / Glycolytic capacity, %	12	8	15
Алактатная мощность / Alactic power, %	16	4	3
Алактатная емкость / Alactic capacity, %	9	–	–

[45]. Динамика изменения активности некоторых ферментов и лактата представлена на рис. 3.

Аэробная работоспособность, определяемая по разным тестам с разными протоколами, имеет тесную связь с результатом выступления пловцов на длинных и средних дистанциях. Выступление на коротких дистанциях также имеет связь с аэробной работоспособностью. Одним из факторов участия физической аэробной работоспособности в успехе спринтера является скорость восстановления между тренировочными сериями. Говоря по-другому, чем выше ваши аэробные потенции, тем быстрее вы восстанавливаитесь, чем быстрее вы восстанавливаиваетесь, тем больший объем высокопороговой работы вы можете сделать на одном занятии.

Безусловно, различия в аэробном метаболизме объясняются не только активностью ферментов, на них также влияет и состояние эритроцитарного звена крови. Исследователи Рыбина И.Л. и Гуниной Л.М. в своей работе приводят данные гематологического анализа национальных сборных команд Белоруссии и Украины [46]. При сравнении тяжелоатлетов и представителей циклических видов спорта выясняется, что циклики (особенно бегуны на длинные дистанции и пловцы) имеют большие значения эритроцитов, гемоглобина, среднего содержания гемоглобина в эритроците, но уступают в показателях гематокрита и эритроцитарного объема. Таким образом, авторы делают заключение, что адаптация к продолжительной нагрузке связана с повышением эритроцитарных характеристик крас-

ной крови и увеличением объема плазмы крови, что отражается на уровне гематокрита. Высокие значения гемоглобина и среднего абсолютного содержания гемоглобина в эритроците у пловцов подтверждают Макарова Г.А. и соавт. [41, 47].

Респираторная система, как система крови или сердечно-сосудистая система, оказывает существенное влияние на работоспособность пловцов. По мнению Говорухина А.А. и Веткаловой Н.С., функция внешнего дыхания пловцов характеризуется большой мощностью, высокой эффективностью и значительно превосходит функцию внешнего дыхания лиц, никогда не занимавшихся спортом [48].

В процессе онтогенеза у девочек, занимающихся плаванием, ЖЕЛ увеличивается от 1500 мл в 8 лет до 4900 мл в 16 лет, у юношей – от 1783 мл в 7 лет до 5505 мл в 18 лет [13]. Жизненный индекс также имеет динамику к росту: по данному индексу можно проследить увеличение уровня респираторной подготовленности, на который не влияет масса тела.

Перова Е.Н. и соавт., изучая морфофункциональные показатели пловцов, определили, что спортсмены с разной специализацией имеют разные показатели ЖЕЛ и жизненного индекса (ЖИ) [12]. Например, по их данным, пловцы-спринтеры отличаются наибольшими показателями ЖЕЛ, но наименьшими значениями ЖИ, а пловцы-стайеры, наоборот, отличаются наименьшими показателями ЖЕЛ, но наибольшими значениями ЖИ. Высокие значения ЖЕЛ спринтеров объясняются их крепким телосложением с хорошо развитой грудной

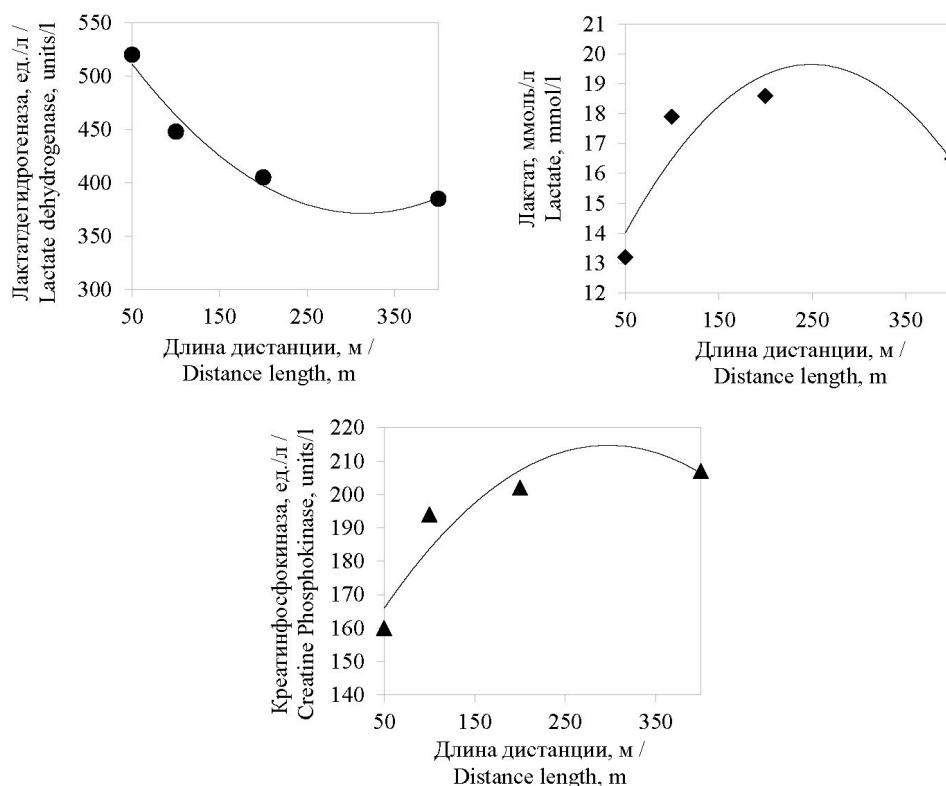


Рис. 3. Биоэнергетические показатели на дистанциях плавания от 50 до 400 м в условиях соревновательной деятельности пловцов высшей квалификации, по данным Ширковца Е.А. и Тена А.М.

Fig. 3. Bioenergetic indicators at swimming distances from 50 to 400 m in conditions of competitive activity of highly qualified swimmers (according to data by Shirkovets E.A. and Ten A.M.)

клеткой, высокие значения ЖИ находят объяснение в гармоничном телосложении с хорошо развитыми инспираторными мышцами. Хотя исследование Нарскина А.Г. и соавт. ставит под сомнение описанную выше зависимость [49]. Результаты их эксперимента говорят о том, что ЖЕЛ, как статический показатель функции внешнего дыхания (ФВД), имеющий высокую корреляцию со спортивным результатом в плавании, наибольшее развитие получает в группе стайеров. А результаты Тимаковой Т.С. подтверждают результаты, полученные Перовой Е.Н. и соавт. [15].

Отмечая высокое значение ФВД у пловцов, приведем результаты многолетнего исследования Солопова И.Н., в которых методом регрессионного анализа показано, что ЖЕЛ у пловцов имеет более тесную связь с работоспособностью, чем у футболистов и гимнастов ($r = 0,735$; $r = 0,556$; $r = 0,535$ соответственно).

Завершая анализ состояния функциональных систем пловцов, резюмируем: как правило, пловцы-спринтеры обладают большими значениями ЧСС, САД, ДАД, меньшими относительными значениями СОК, МОК, в популяции имеют большую долю лиц с малоэффективным типом кровообращения, характеризуются большими значениями ЖЕЛ и меньшими значениями ЖИ.

Обсуждение. Результаты приведенных исследований подтверждают наличие связи между морфофункциональными характеристиками пловцов и их специализацией в избранном виде спорта.

Спринтеры, обладающие наибольшими титановыми, продольными и поперечными размерами тела, имеют наивысшую скорость плавания среди прочих специализаций. При этом, как правило, настоящая тенденция сохраняется по мере перехода с одного на другой постнатальный период онтогенеза. Большие линейные размеры тела спринтеров объясняются, во-первых, спецификой соревновательных условий, а именно горизонтальным положением тела; во-вторых, рядом гидравлических законов, согласно которым пловец, обладающий большей площадью поверхности тела и ростом, будет иметь меньшее сопротивление при перемещении в воде [8]. В-третьих, большая длина верхних конечностей считается потенцией к развитию большей длины шага, что отвечает требованиям к биомеханике и тактике спринтерского плавания. Стайеры же имеют меньшие габаритные размеры тела: особенно малы поперечные сечения и длины сегментов тела. И это тоже находит объяснение, с одной стороны, в специфике соревновательной деятельности (биомеханика, техника и тактика стайерского плавания и т. д.), а с другой – в том, что успешность в стайерском плавании определяется такими показателями, как экономичность техники, мощность кислород-транспортной системы, масса и плотность митохондрий, активность окислительных ферментов в мио- и кардиомиоцитах, устойчивость нервной системы к утомлению и т. д.

Аналогично в работе были показаны морфологические отличия между способами плавания: вольным стилем, баттерфляем, плаванием на спине и комплексом, брассом.

Знание настоящих закономерностей и учет возрастного аспекта приводят к мысли, что спортивная ориентация и отбор должны включать в себя расширенный кластер морфологических критериев для прогнозирования успешности в каждом конкретном виде программы или способе плавания. Например, юного спортсмена астеноидного соматотипа с узкой грудной клеткой, слабым развитием мышечного компонента, относительно короткими руками, ...кистями и стопами, вероятно, не стоит рассматривать... в качестве пловца-спринтера. В процессе занятий организм такого пловца будет испытывать колоссальную нагрузку на функциональные системы. Малую длину верхних конечностей, а значит и длину шага, он будет компенсировать за счет повышения темпа движений, что ...приведет к неадекватному нагрузке возрастанию гемодинамических..., респираторных и энергетических показателей, а в долгосрочной перспективе – к срыву адаптации, перетренировке и завершению карьеры [8].

Тем не менее морфологический статус является лишь предпосылкой. Основные соревновательные локомоции осуществляются путем сокращения-расслабления мышц. Активация и работа последних зависит от структурно-функциональных и энергетических резервов, мощности и толерантности к нагрузке кардиоваскулярной, респираторной и нейроэндокринной систем.

При спортивной ориентации и отборе пловцов стоит обращать внимание на следующие физиологические характеристики: частота сердечных сокращений, ударный и минутный объемы крови, периферическое сопротивление сосудов, экономичность кровообращения, содержание эритроцитов и гемоглобина в крови, гематокрит, буферная емкость, жизненная емкость легких, жизненный индекс.

Общеизвестно, что спринтеры, исходя из биоэнергетики плавания на короткие дистанции, отличаются высоким содержанием буферных систем в плазме крови. В сумме с исследованием Ширковца Е.А. и Тена А.М., в котором показано, что пиковые значения ферментов и метаболитов гликолиза приходятся именно на дистанции от 50 до 200 метров, можно выделить еще один критерий спортивной ориентации и отбора у пловцов – энергетический [45]. Безусловно, в процессе взросления меняются не только центральные (органные), но и локальные (мышечные) параметры работоспособности, к примеру, тип мышечного волокна. Тем не менее, если предположить, что обследуемый юный спортсмен уже имеет предрасположенность к достижению высоких значений лактата во время тестирования, скорее всего, его стоит сразу ориентировать на спринт, а вот способ плавания подбирать исходя из морфологических, биомеханических и технических данных. Это позволит как можно дольше сохранять соматическое и психическое здоровье начинающего спортсмена.

Точно такой же подход может быть применен по отношению к средневекам и стайерам. Последние, например, часто обладают эффективным кровообращением, у них наблюдается брадикардия и ваготония, снижены параметры фоновой гемодинамики

из расчета на 1 кг массы тела и 1 м² площади поверхности тела, увеличены показатели внешнего дыхания: жизненный индекс, минутная вентиляция легких. Перечисленные характеристики могут быть использованы для спортивной ориентации и отбора в группы подготовки пловцов-стайеров в рамках оптимизации как спортивной подготовки, так и здоровьесберегающих технологий в системе дополнительного образования.

Настоящий системный обзор указывает на перспективу исследований в области морфофункциональных показателей пловцов с разными спортивными специализациями, находящихся на разных этапах онтогенеза, имеющих разный уровень мастерства и тренировочный стаж.

Заключение. Анализ литературных данных показал, что у пловцов, специализирующихся на разных дистанциях и способах плавания, сильно отличаются как продольные, так и поперечные размеры тела. Имеют свою специфику масса тела и компонентный состав тела пловцов. Также выявлена общая и специфическая стратегии адаптации функциональных систем: общая стратегия адаптации определяется как повышение эффективности кровообращения, дыхания и вегетативной регуляции при увеличении тренировочного стажа и квалификации спортсменов, а специфическая стратегия адаптации отражает изменение функциональных показателей в зависимости от требований, предъявляемых соревновательной дистанцией, например повышение активности окислительных ферментов и снижение активности гликолитических в мышечных волокнах пловцов-стайеров и пловцов-средневиков.

Данные, полученные в рамках настоящей работы, могут быть использованы для совершенствования спортивного отбора и увеличения эффективности здоровьесберегающих мероприятий у юных спортсменов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morais JE, Barbosa TM, Forte P, Silva AJ, Marinho DA. Young swimmers' anthropometrics, biomechanics, energetics, and efficiency as underlying performance factors: A systematic narrative review. *Front Physiol.* 2021;12:691919. doi: 10.3389/fphys.2021.691919
2. Cook JD, Charest J. Sleep and performance in professional athletes. *Curr Sleep Med Rep.* 2023;9(1):56-81. doi: 10.1007/s40675-022-00243-4
3. Khodaei M, Edelman GT, Spittler J, et al. Medical care for swimmers. *Sports Med Open.* 2016;2:27. doi: 10.1186/s40798-016-0051-2
4. Hanu E, Teodorescu S, Ene-Voiculescu C. Optimization of selection criteria and of the means of guidance of swimming athletes. "Mircea cel Batran" Naval Academy Scientific Bulletin. 2016;19(1):422-425. doi: 10.21279/1454-864X-16-11-071
5. Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Med.* 2002;32(9):539-554. doi: 10.2165/00007256-200232090-00001
6. Давыдов В.Ю., Авдиенко В.Б. Отбор и ориентация пловцов по показателям телосложения в системе многолетней подготовки (теоретические и практические аспекты). Москва: Советский спорт, 2014. 383 с.
7. Попов А.В., Таран Л.И., Партика Л.В. Эволюция средств и методов тренировки и рекордных достижений в спортивном плавании // Теория и практика физической культуры. 1997. № 3. С. 22-25.
8. Булгакова Н.Ж. Отбор и подготовка юных пловцов. Москва: Физкультура и спорт, 1978. 152 с.
9. Пригода Г.С., Сидоренко А.С. Сравнительный анализ росто-весовых показателей пловцов спринтеров призёров Олимпийских игр // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2022. Т. 5(207). С. 330-333. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.5.p330-333
10. Сергиенко Л.П. Измерение и тестиирование в спорте: плавание // Слобожанский научно-спортивный вестник. 2013. Т. 2(35). С. 25-33.
11. Булгакова Н.Ж., Попов О.И., Партика Л.И. Плавание в XXI веке: Прогнозы и перспективы // Теория и практика физической культуры. 2002. № 4. С. 29-34.
12. Перова Е.Н., Рязанцев И.В., Рязанцев А.И., Голомедов М.Р. Особенности морфофункциональных показателей пловцов-кролистов в подростковом возрасте с учетом разной специализации // OlymPlus. Гуманитарная версия. 2023. № 1(16). С. 72-77. doi: 10.46554/OlymPlus.2023.1(16).pp.72. EDN YJOCAL
13. Давыдов В.Ю., Лущик И.В., Шмарева Е.А. Использование психофизиологических параметров деятельности ЦНС с учетом типа конституции младших школьников для отбора их в спортивное плавание // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2012. Т. 1(3). С. 137-145.
14. Научное обеспечение подготовки пловцов: Педагогические и медико-биологические исследования [Т.М. Абсалямов, В.Б. Гилязова, Е.В. Липский и др.]; Под общ. ред. Т.М. Абсалямова, Т.С. Тимаковой. Москва: Физкультура и спорт, 1983. 191 с.
15. Тимакова Т.С. Факторы спортивного отбора или Кто становится олимпийским чемпионом. Москва: Спорт, 2018. 288 с.
16. Миряшов Г.В., Лаврентьева Д.А., Фаворская Е.Л., Боягин А.А. Влияние температурного режима воды на показатели средней скорости, спортивного результата на дистанции 50 м вольным стилем и силы тяги в воде у пловцов массовых разрядов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. Т. 12(202). С. 235-238. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p235-239
17. Платонов В.Н. Основы подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Настольная книга тренера. Москва: ООО «ПРИНТЛЕТО», 2021. 608 с.
18. Авдиенко В.Б., Солопов И.Н. Искусство тренировки пловца. Книга тренера. М.: Издательство ИТРК, 2019. 320 с.
19. Бугаец Я.Е., Сальникова Е.А. Морфологические показатели юных пловцов, специализирующихся на разных дистанциях // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2021. № 11. С. 176-178.
20. Давыдов В.Ю., Куралева О.О. Морфофункциональные показатели сильнейших квалифицированных пловцов 11-18 лет // Теория и практика физической культуры. 2013. № 4. С. 29-33.
21. Ковалчук Г.И., Шастин А.А. Морфотипологические критерии отбора и подготовки в циклических видах спорта // Modern Science. 2019. Т. 4-3. С. 87-92.
22. Нестерова А.С., Барбашов С.В. Технологии спортивного отбора и ориентации детей к плаванию различными стилями // Современные вопросы биомедицины. 2023. Т. 7(3). С. 38. doi: 10.51871/2588-0500_2023_07_03_38
23. Головкин Ю.В., Ковалев Н.К., Толстикова Л.П. Плавание – спорт юных: педагогические и врачебные исследования / под общ. ред. Р.Е. Мотылянской, М.Я. Набатниковой, Л.И. Стоговой. Москва: Физкультура и спорт, 1976. 192 с.

24. Платонов В.Н. Плавание. Киев: Олимпийская литература, 2000. 497 с.
25. Политько Е.В. Особенности морфофункциональных показателей юных спортсменов-пловцов 14–18 лет // Слобожанский научно-спортивный вестник. 2015. Т. 1(45). С. 95–99. doi: 10.15391/snsv.2015-1.018
26. Тимакова Т.С. Многолетняя подготовка пловца и ее индивидуализация (биологические аспекты). Москва: Физкультура и спорт, 1985. 144 с.
27. Давыдов В.Ю., Григорович И.Н. и др. Характеристика морфофункционального состояния пловцов 10–19 лет // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2015. № 3. С. 112–119.
28. Носков М.С., Горелов А.А., Третьяков А.А. Оценка взаимосвязи пропорций тела с результатами высококвалифицированных пловцов // Дискурс. 2017. Т. 2(4). С. 73–78.
29. Рязанцев А.И., Гребенников Е.К. Характеристика морфофункциональных и физических показателей студентов 1 курса СГУВТ // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2023. Т. 6(220). С. 348–354. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.06.p348-354
30. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций: Руководство / Под ред. Д.С. Саркисова. Москва: Медицина, 1987. 445 с.
31. Саркисов Д.С., Вторин Б.В. Электронно-микроскопический анализ повышения выносливости сердца. Москва: Медицина, 1969. 172 с.
32. Рязанцев А.И. и др. Кардиоваскулярная и вегетативная адаптация организма курсантов Института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности // Сибирский научный медицинский журнал. 2024. Т. 3(44). С. 108–117. doi: 10.18699/SSMJ20240312
33. Вагапова А.М., Зиятдинова А.И. Насосная функция сердца подростков 14–17-летнего возраста, занимающихся плаванием // Теория и практика физической культуры. 2009. № 10. С. 28–30.
34. Кирьянова М.А., Калинина И.Н. Особенности центральной гемодинамики у спортсменов-пловцов с учетом характера мышечной деятельности // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2011. Т. 6(90). С. 15–21.
35. Погодина С.В. Активность системы кровообращения в регуляции уровня кровотока у пловцов различного возраста в процессе адаптации к специфическим физическим нагрузкам // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2010. Т. 23(62). № 3. С. 98–104.
36. Вахитова И.Х., Камалиева Л.Р. и др. Особенности становления насосной функции сердца юных спортсменов в зависимости от срока приобщения к систематическим мышечным тренировкам // Казанский медицинский журнал. 2011. Т. 92(1). С. 70–73.
37. Малах О.Н. Показатели морфометрии левого желудочка сердца юных спортсменов-пловцов в зависимости от спортивной квалификации и направленности тренировочного процесса // Наука и спорт: современные тенденции. 2015. Т. 8(3). № 8. С. 70–74.
38. Кудря О.Н. Особенности вегетативного обеспечения сердечно-сосудистой системы пловцов 15–16 лет в соревновательный период // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2006. Т. 7–1. С. 43–45.
39. Огурцова М.Б. Типологические особенности кровообращения у спортсменов-пловцов на стандартные и марафонские дистанции в зависимости от структуры тренировочного процесса // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2009. № 2. С. 113–117.
40. Кирьянова М.А., Калинина И.Н. Функциональное состояние системы кровообращения пловцов с учетом характера мышечной деятельности // Омский научный вестник. 2011. Т. 3(98). С. 147–150.
41. Макарова Г.А., Юрьев С.Ю., Холявко Ю.А. Кардиологические и гематологические показатели в аспекте текущего контроля за высококвалифицированными пловцами на короткие дистанции // Актуальные вопросы физической культуры и спорта. 2015. № 17. С. 125–130.
42. Солопов И.Н., Суслина И.В. и др. Взаимосвязь факторов морфофункционального статуса организма с уровнем физической работоспособности пловцов разной квалификации // Современные вопросы биомедицины. 2023. Т. 7(3). № 24.
43. Исаев А.П., Потапова Т.В., Эрлих В.В. Изменение кардиоритма и спектральных характеристик кровообращения юных пловцов-спринтеров и стайеров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2009. Т. 20(153). С. 31–36.
44. Войтенко Ю.Л., Соломатин В.Р. Биоэнергетические критерии нормирования тренировочных нагрузок и специальной работоспособности пловцов высокого класса // Вестник спортивной науки. 2018. № 4. С. 67–69.
45. Ширковец Е.А., Тен А.М. Биоэнергетическая характеристика соревновательной деятельности пловцов // Вестник спортивной науки. 2012. № 1. С. 21–23.
46. Рыбина И.Л., Гунина Л.М. Лабораторные маркеры контроля и управления тренировочным процессом спортсменов: наука и практика. М.: Спорт, 2021. 376 с.
47. Макарова Г.А. и др. Диагностический потенциал картины крови у спортсменов. Москва: Спорт, 2020. 256 с.
48. Говорухин А.А., Веткалова Н.С. Особенности функционального состояния респираторной системы пловцов на разных этапах спортивной подготовки // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2017. № 1. С. 74–79.
49. Нарскин А.Г., Мельников С.В., Врублевский Е.П., Костюченко В.Ф., Орехов Е.Ф. Эффективность использования жизненной емкости легких у пловцов различной специализации // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2016. № 2. С. 135–139.

REFERENCES

1. Morais JE, Barbosa TM, Forte P, Silva AJ, Marinho DA. Young swimmers' anthropometrics, biomechanics, energetics, and efficiency as underlying performance factors: A systematic narrative review. *Front Physiol*. 2021;12:691919. doi: 10.3389/fphys.2021.691919
2. Cook JD, Charest J. Sleep and performance in professional athletes. *Curr Sleep Med Rep*. 2023;9(1):56–81. doi: 10.1007/s40675-022-00243-4
3. Khodaee M, Edelman GT, Spittler J, et al. Medical care for swimmers. *Sports Med Open*. 2016;2:27. doi: 10.1186/s40798-016-0051-2
4. Hanu E, Teodorescu S, Ene-Voiculescu C. Optimization of selection criteria and of the means of guidance of swimming athletes. "Mircea cel Batran" Naval Academy Scientific Bulletin. 2016;19(1):422–425. doi: 10.21279/1454-864X-16-11-071
5. Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Med*. 2002;32(9):539–554. doi: 10.2165/00007256-200232090-00001
6. Davydov VYu, Avdiienko VB. [Selection and Orientation of Swimmers Based on Physique Indicators in the Long-

- Term Training System (Theoretical and Practical Aspects).] Moscow: Sovetskiy Sport Publ.; 2014. (In Russ.)
7. Popov AV, Taran LI, Partyka LV. Evolution of means and methods of training and record achievements in sports swimming. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*. 1997;(3):22-25. (In Russ.)
 8. Bulgakova NZh. [Selection and Training of Young Swimmers.] Moscow: Fizkul'tura i Sport Publ.; 1978. (In Russ.)
 9. Prigoda GS, Sidorenko AS. Comparative analysis of height and weight indicators of sprinter swimmers Olympic medalists. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*. 2022;(5(207)):330-333. (In Russ.) doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.5.p330-333
 10. Serhiyenko LP. Measurements and tests in sport: Swimming. *Slobozhanskiy Nauchno-Sportivnyy Vestnik*. 2013;(2(35)):25-33. (In Russ.)
 11. Bulgakova NZh, Popov OI, Partyka LI. [Swimming in the 21st century: Forecasts and perspectives.] *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kul'tury*. 2002;(4):29-34. (In Russ.)
 12. Perova EN, Ryazantsev IV, Ryazantsev AI, Golomedov MR. Features of morphofunctional indicators of crawler swimmers in adolescence with regard to different specialization. *OlymPlus*. 2023;(1(16)):72-77. (In Russ.) doi: 10.46554/OlymPlus.2023.1(16).pp.72
 13. Davydov VY, Luschik IV, Shmareva EA. The use of psychophysiological parameters of the activity of the central nervous system of the somatotypes for the selection of primary school children and their orientation in sport swimming. *Fizicheskoe Vospitanie i Sportivnaya Trenirovka*. 2012;(1(3)):137-145. (In Russ.)
 14. Absalyamov TM, Gilyazova VB, Lipskiy EV, et al. [Scientific Support for Swim Training: Pedagogical and Biomedical Research.] Absalyamov TM, Timakova TS, eds. Moscow: Fizkul'tura i Sport Publ.; 1983. (In Russ.)
 15. Timakova TS. [Factors of Sports Selection or Who Becomes an Olympic Champion.] Moscow: Sport Publ.; 2018. (In Russ.)
 16. Mikryashov GV, Lavrentieva DA, Favorskaya EL, Bosyagin AA. Influence of the temperature regime of the water on the indicators of average speed, sports results at the distance of 50 meters freestyle and traction force in the water among swimmers of mass categories. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*. 2021;(12(202)):235-239. (In Russ.) doi: 10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p235-239
 17. Platonov VN. [Fundamentals of Training Athletes in Olympic Sports: A Coach Handbook.] Moscow: PRINTLETO LLC Publ.; 2021. (In Russ.)
 18. Avdienko VB, Solopov IN. [The Art of Coaching a Swimmer: A Coach Handbook.] Moscow: ITRK Publ.; 2019. (In Russ.)
 19. Bugaets YaE, Sal'nikova EA. [Morphological indicators of young swimmers specializing in different distances.] *Resursy Konkurentospособности Sportsmenov: Teoriya i Praktika Realizatsii*. 2021;(11):176-178. (In Russ.)
 20. Davydov VY, Kuraleva OO. Morphofunctional characteristics of strongest qualified swimmers aged 11-18. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2013;(4):6.
 21. Koval'chuk GI, Shastin AA. [Morphotypological criteria for selection and training in cyclic sports.] *Modern Science*. 2019;(4-3):87-92. (In Russ.)
 22. Nesterova AS, Barbashov SV. Technologies of sport selection and orientation of children to swimming in different styles. *Sovremennye Voprosy Biomeditsiny*. 2023;7(3(24)):38. (In Russ.) doi: 10.51871/2588-0500_2023_07_03_38
 23. Golovkin YuV, Kovalev NK, Tolstikova LP. [Swimming Is a Youth Sport: Pedagogical and Medical Studies.] Moscow: Fizkul'tura i Sport Publ.; 1976. (In Russ.)
 24. Platonov VN. [Swimming.] Kiev: Olimpiyskaya Literatura Publ.; 2000. (In Russ.)
 25. Politko OV. Features of morphological and functional characteristics of young swimmers 14-18 years. *Slobozhanskiy Nauchno-Sportivnyy Vestnik*. 2015;(1(45)):95-99. (In Russ.) doi: 10.15391/snv.2015-1.018
 26. Timakova TS. [Long-Term Training of a Swimmer and Its Individualization (Biological Aspects).] Moscow: Fizkul'tura i Sport Publ.; 1985. (In Russ.)
 27. Davydov VJu, Grigorovich IN, Morozova OV, Korolevit AN. Description of the morphofunctional state of swimmers 10-19 age. *Izvestiya Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Fizicheskaya Kul'tura. Sport*. 2015;(3):112-119. (In Russ.)
 28. Noskov MS, Gorelov AA, Tret'yakov AA. [Evaluation of the relationship between body proportions and the results of the highly qualified swimmers.] *Discurs*. 2017;(2(4)):73-78. (In Russ.)
 29. Ryazantsev AI, Grebennikov EK, Pakhomova SV, Ukrains'eva ON, Malyutina EA, Ryazantsev IV. Characteristics of morphofunctional and physical indicators of 1st year students of SSUWT. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*. 2023;(6(220)):348-354. (In Russ.) doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.06.p348-354
 30. Sarkisov DS, ed. [Structural Basis of Adaptation and Compensation of Impaired Functions: Guidelines.] Moscow: Meditsina Publ.; 1987. (In Russ.)
 31. Sarkisov DS, Vtyurin BV. [Electron Microscopy Analysis of Increasing Cardiac Endurance.] Moscow: Meditsina Publ.; 1969. (In Russ.)
 32. Reazantsev AI, Grebennikov EK, Grebennikova IN, Sorokin OV, Subotyalov MA. Cardiovascular and vegetative adaptation of the body of cadets of the Institute of Civil Aviation to different types of locomotor motion activity. *Sibirskiy Nauchnyy Meditsinskiy Zhurnal*. 2024;44(3):108-117. (In Russ.) doi: 10.18699/SSMJ20240312
 33. Vagapova AM, Ziyatdinova AI. Heart pumping ability of 14-17-aged teenagers engaged in swimming. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*. 2009;(10):28-30. (In Russ.)
 34. Kiryanova MA, Kalinina IN. Features of central hemodynamics in athletes-swimmers with account the nature of muscular activity. *Lechebnaya Fizkul'tura i Sportivnaya Meditsina*. 2011;(6(90)):15-21. (In Russ.)
 35. Pogodina SV. Activity of the cardiovascular system in regulation of blood flow swimmers of various ages in adapting to the specific physical loads. *Uchenye Zapiski Tavricheskogo Natsional'nogo Universiteta Imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Biologiya, Khimiya*. 2010;23(3):98-104. (In Russ.)
 36. Vakhitov IH, Kamalieva LR, Kabysh EG, Khalilullin RS. Features of formation of the cardiac pumping function of young athletes, depending on the term of initiation of systematic muscle training. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2011;92(1):70-73. (In Russ.)
 37. Malakh ON. Indicators morphometry of the heart left ventricle of young sportsmen-swimmers dependent on sports qualification and training process direction. *Nauka i Sport: Sovremennye Tendentsii*. 2015;8(3(8)):70-74. (In Russ.)
 38. Kudrya ON. [Features of vegetative support of the cardiovascular system of swimmers aged 15-16 years during the competitive period.] *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Obrazovanie, Zdravookhranenie, Fizicheskaya Kul'tura*. 2006;(7-1):43-45. (In Russ.)
 39. Ogurtsova MB. Typological features of peripheral circulation of blood for sportsmen-swimmers on standard and marathons distances in dependence on structure of training process. *Pedagogika, Psichologiya i Mediko-Biologicheskie Problemy Fizicheskogo Vospitaniya i Sporta*. 2009;(2):113-117. (In Russ.)

40. Kiryanova MA, Kalinina IN. Functional status of the blood circulatory system of swimmers based on the nature of muscular activity. *Omskiy Nauchnyy Vestnik*. 2011;(3(98)):147-150. (In Russ.)
41. Makarova GA, Yuriev SY, Kholyavko YA. Cardiologic and hematologic indices in ongoing monitoring of highly qualified short distance swimmers. *Aktual'nye Voprosy Fizicheskoy Kul'tury i Sporta*. 2015;(17):125-130. (In Russ.)
42. Solopov IN, Susslina IV, Solopov AI, Avdienko VB. Interrelation of morphofunctional state factors with the level of physical working capacity in swimmers of different qualification. *Sovremennye Voprosy Biomeditsiny*. 2023;7(3). (In Russ.) doi: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_40
43. Isaev AP, Potapova TV, Erlikh VV. The changes of cardiorhythm and spectral descriptions of the blood circulation of young sprinter- and stayer-swimmers. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Obrazovanie, Zdravookhranenie, Fizicheskaya Kul'tura*. 2009;(20(153)):31-36. (In Russ.)
44. Voytenko YuL, Solomatin VR. Bioenergetic criteria for normalization of training loads and special working capacity of elite swimmers. *Vestnik Sportivnoy Nauki*. 2018;(4):67-69. (In Russ.)
45. Shirkovetz EA, Ten AM. Bioenergetic characteristics of competitive activity in swimmers. *Vestnik Sportivnoy Nauki*. 2012;(1):21-23. (In Russ.)
46. Rybina IL, Gunina LM. [Laboratory Markers of Control and Management of the Athlete Training Process: Science and Practice.] Moscow: Sport Publ.; 2021. (In Russ.)
47. Makarova GA, Kolesnikova NV, Skibitskiy VV, Baranovskaya IB. [Diagnostic Potential of Blood Picture in Athletes.] Moscow: Sport Publ.; 2020. (In Russ.)
48. Govorukhina AA, Vekalova NS. Functional state of respiratory system of swimmers at different stages of sports training. *Vestnik Nizhnevartovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2017;(1):74-79. (In Russ.)
49. Narskin AG, Melnikov SV, Vrublevsky EP, Kostjuchenko VF, Orekhov EF. Efficiency of use of the vital capacity of lungs at swimmers of various specializations. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*. 2016;(2(132)):135-139. (In Russ.) doi: 10.5930/issn.1994-4683.2016.02.132. p135-139

Сведения об авторах:

✉ **Рязанцев Андрей Игоревич** – старший преподаватель кафедры теоретических основ физической культуры, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»; тренер-преподаватель спортивной школы олимпийского резерва «Центра водных видов спорта»; e-mail: reza.a.i@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>.

Суботялов Михаил Альбертович – д.м.н., к.б.н., профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»; доцент кафедры фундаментальной медицины ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»; e-mail: subotyalov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8633-1254>.

Информация о вкладе авторов: авторы внесли эквивалентный вклад в проведение исследования и подготовку окончательного варианта 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: 23.02.25 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ **Andrey I. Riazantsev**, Senior Lecturer, Department of Theoretical Foundations of Physical Culture; postgraduate student, Department of Anatomy, Physiology, and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University; coach and instructor, Olympic Reserve Sports School “Water Sports Center”; e-mail: reza.a.i@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>.

Mikhail A. Subotyalov, Dr. Sci. (Med.), Cand. Sci. (Biol.); Professor, Department of Anatomy, Physiology, and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University; Assoc. Prof., Department of Fundamental Medicine, Novosibirsk National Research State University; e-mail: subotyalov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8633-1254>.

Author contributions: The authors contributed equally to the research and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Received: February 23, 2025 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Сравнительный анализ информативности биологических жидкостей для биомониторинга формальдегида в организме человека

Е.М. Жаркова, И.А. Потапова, И.В. Федотова, Е.Ф. Черникова, Е.С. Калачева

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, д. 20, г. Нижний Новгород, 603950, Российской Федерации

Резюме

Введение. Эффективность мониторинга содержания формальдегида в организме зависит от корректного выбора анализируемого биологического субстрата.

Цель исследования – сравнительный анализ информативности биологических жидкостей – плазмы, сыворотки и цельной крови для биомониторинга формальдегида в организме человека.

Материалы и методы. Исследование проводилось на группе работников metallurgicalического производства в возрасте от 26 до 58 лет ($41,0 \pm 3,4$ года; $n = 20$) с профессиональным стажем от 4 до 30 лет ($19,3 \pm 4,0$ года). Содержание формальдегида в биологических жидкостях оценивалось методом высокоеффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием после предварительного процесса дериватизации 2,4-дinitrophenylhydrazinom. Также в рамках периодического медицинского осмотра у всех работников были исследованы клинические показатели крови в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения РФ от 28.01.2021 № 29н.

Результаты. Установлено, что уровни концентраций формальдегида в плазме и сыворотке крови достоверно не отличались ($p = 0,9405$) и составляли 0,020 [$Q_1 = 0,006$; $Q_3 = 0,063$] мкг/мл и 0,022 [$Q_1 = 0,016$; $Q_3 = 0,069$] мкг/мл соответственно. Содержание токсиканта в цельной крови было в 1,4–172,9 раза выше (4,5 [$Q_1 = 2,6$; $Q_3 = 16,2$]), чем в плазме, и в 1,6–120,7 раза выше (4,4 [$Q_1 = 3,0$; $Q_3 = 8,5$]), чем в сыворотке. При этом уровень формальдегида в цельной крови достоверно повышался относительно плазмы и сыворотки ($p = 0,0025$; $p = 0,0006$) при увеличении содержания тромбоцитов. По-видимому, это обусловлено структурными особенностями клеточных мембран тромбоцитов, пронизанных отверстиями открытой канальцевой системы и выстланных изнутри тубулином, молекулярная масса которого не способна препятствовать проникновению токсиканта в клетку. В результате формальдегид «концентрируется» в тромбоцитах и обуславливает зависимое от их содержания распределение формальдегида в крови.

Заключение. Наши результаты показывают, что цельная кровь является более представительным материалом с позиции биомониторинга формальдегида по сравнению с сывороткой и плазмой крови, поскольку позволяет получить более точные полные показатели его содержания в организме.

Ключевые слова: формальдегид, биомониторинг человека, цельная кровь, плазма крови, сыворотка крови.

Для цитирования: Жаркова Е.М., Потапова И.А., Федотова И.В., Черникова Е.Ф., Калачева Е.С. Сравнительный анализ информативности биологических жидкостей для биомониторинга формальдегида в организме человека // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 54–61. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-54-61

Comparative Analysis of the Informative Value of Biological Fluids for Biomonitoring Formaldehyde in the Human Body

Helen M. Zharkova, Irina A. Potapova, Irina V. Fedotova, Ekaterina F. Chernikova, Ekaterina S. Kalacheva

Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology,
20 Semashko Street, Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

Summary

Introduction: The effectiveness of monitoring formaldehyde levels in the body depends on the correct choice of the biological substrate tested.

Objective: A comparative analysis of the representativeness of biological fluids – plasma, serum and whole blood – for biomonitoring formaldehyde in the human body.

Materials and methods: The study was conducted on a group of metallurgical workers aged 26 to 58 years (41.0 ± 3.4 years; $n = 20$) with professional experience ranging from 4 to 30 years (19.3 ± 4.0 years). The formaldehyde content in biological fluids was measured by high-performance liquid chromatography with UV detection after a preliminary derivatization process with 2,4-dinitrophenylhydrazine. Also, as part of a periodic medical examination, clinical blood parameters were tested in all employees in accordance with the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 29n dated January 28, 2021.

Results: We found that formaldehyde concentrations in plasma and serum were not significantly different ($p = 0.9405$) and amounted to 0.020 [$Q_1 = 0.006$; $Q_3 = 0.063$] $\mu\text{g/mL}$ and 0.022 [$Q_1 = 0.016$; $Q_3 = 0.069$] $\mu\text{g/mL}$, respectively. The whole blood level of the toxicant was 1.4–172.9 times higher (4.5 [$Q_1 = 2.6$; $Q_3 = 16.2$]) than in plasma and 1.6–120.7 times higher (4.4 [$Q_1 = 3.0$; $Q_3 = 8.5$]) than in serum and it increased significantly compared to plasma and serum ($p = 0.0025$; $p = 0.0006$) with an increase in the platelet count. This might be related to structural features of thrombocyte membranes pierced by holes in the open tubular system and lined from the inside with tubulin, the molecular weight of which is unable to prevent penetration of the toxicant into the cell. As a result, formaldehyde “concentrates” in platelets and determines their count-dependent blood distribution of formaldehyde.

Conclusion: Our findings demonstrate that whole blood is a more representative body fluid in terms of formaldehyde biomonitoring compared with blood serum and plasma as it provides more accurate complete indicators of its content in the body.

Keywords: formaldehyde, human biomonitoring, whole blood, blood plasma, blood serum.

Cite as: Zharkova HM, Potapova IA, Fedotova IV, Chernikova EF, Kalacheva ES. Comparative analysis of the informative value of biological fluids for biomonitoring formaldehyde in the human body. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):54–61. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-54-61

Введение. В настоящее время биомониторинг человека (БМЧ) имеет ключевое значение как в отечественной, так и в зарубежной гигиенической науке и практике. БМЧ, согласно определению Всемирной организации здравоохранения, представляет собой «метод оценки экспозиции человека к химическим веществам или их воздействия на здоровье путем измерения содержания этих веществ и их метаболитов в пробах биологического материала человека»¹. Этот подход позволяет не только выявлять наличие токсикантов в организме, но и оценивать их потенциальное влияние на здоровье человека, что делает его незаменимым инструментом в области охраны здоровья.

Использование БМЧ обеспечивает возможность непосредственного определения уровня воздействия токсиканта от всех источников, что является существенным преимуществом по сравнению с другими методами. При соблюдении стандартных и унифицированных процедур отбора биопроб и контроля качества измерений можно добиться получения сопоставимой и надежной информации. Данные о распределении концентраций биомаркеров воздействия в общей популяции применяются для установления их региональных (национальных) референсных значений. БМЧ также является важным инструментом для принятия взвешенных управлений решений, в том числе в сфере укрепления здоровья населения и профилактики развития предпатологических и патологических состояний, обусловленных воздействием экологических и профессиональных факторов [1].

Значительный интерес среди специалистов вызывает биомониторинг формальдегида – повсеместно распространенного токсиканта [2–4].

Он находит широкое применение в различных отраслях промышленности, включая нефтехимическую, угледобывающую, деревообрабатывающую, металлургическую, полимерную, лакокрасочные материалы [5]. В качестве естественного компонента атмосферы формальдегид образуется в результате фотохимических реакций и процессов трансформации органических загрязнителей, таких как метан, метиловый спирт, муравьиная кислота, хлорпроизводные метана и других летучих органических соединений [6].

Основным способом поступления формальдегида в организм является ингаляционный, однако возможен и перкутанный путь [2, 7]. Кроме того, будучи естественным клеточным метаболитом, формальдегид продуцируется эндогенно в процессе различных биохимических реакций – окисления липидов и аминокислот; деметилирования гистонов; метаболических реакций, катализируемых алкогольдегидрогеназой [8]. На основе токсикологических и эпидемиологических данных в 2004 году Международное агентство по изучению рака классифицировало формальдегид как канцероген для человека (группа 1). Пары формальдегида вызывают острое раздражение

конъюнктивы, слизистой оболочки носа и горла, кожных покровов; продолжительное воздействие может способствовать развитию хронических заболеваний дыхательных путей; поражению нервной системы, печени, почек; нарушению ферментативной активности; эмбриотоксическим эффектам [8–11]. Следует отметить, что эндогенный формальдегид представляет не меньшую угрозу для организма – при нарушении основных систем детоксикации он способен вызывать повреждение ДНК, приводящее к недостаточности костного мозга, дисфункции и раку печени и почек [12]. Вместе с тем при детоксикации эндогенного формальдегида создается доброкачественная углеродная единица, которая далее включается в процесс нуклеотидного синтеза, тем самым поддерживая клеточный рост [13].

По мере накопления знаний о метаболизме и токсикокинетике формальдегида в организме, а также о его значении в нормальных и патологических биохимических процессах становится все более актуальным совершенствование методов контроля содержания формальдегида в биологических средах. Эти методы должны быть оптимально адаптированы под конкретные задачи и области применения. Успешное решение задач БМЧ в значительной степени зависит от корректного выбора биологической матрицы ввиду ее существенного влияния на результаты исследования.

Чаще всего мониторинг формальдегида в организме осуществляется по результатам анализа цельной крови, поскольку она служит общим биосубстратом обмена веществ, обеспечивает присутствие токсичных соединений в свободном состоянии [2, 9, 14–16]. Однако некоторыми исследователями контроль данного показателя проводится в плазме или сыворотке крови, а также в моче [7, 17–21]. У плазмы и сыворотки крови есть определенные преимущества – они связаны с биохимическими характеристиками матриц и практическими аспектами. Так, по сравнению с цельной кровью данные биологические жидкости являются более «чистыми» образцами, а значит, позволяют получать более точные и воспроизводимые результаты; они достаточно удобны для транспортировки и хранения, могут быть заморожены для дальнейшего анализа. Несмотря на очевидные преимущества, вопрос об эффективности использования сыворотки и плазмы для целей биомониторинга формальдегида остается открытым – по умолчанию в качестве биоматериала исследователями в основном используется цельная кровь.

Что касается применения мочи для контроля формальдегида, существуют сведения, что уровень последнего в моче скорее отражает метаболические реакции эндогенного формальдегида и использование его в качестве маркера воздействия имеет серьезные ограничения [7, 22, 23]. В связи с этим для оценки внешнего воздействия вместо неметаболизированной формы формальдегида в моче чаще используется продукт его метаболических превращений – муравьиную кислоту [24–26].

¹ Улучшение состояния окружающей среды и здоровья в Европе: насколько мы продвинулись в достижении этих целей? / Всемирная организация здравоохранения. Копенгаген: Европейское бюро ВОЗ, 2015. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://zdorovyegegoroda.ru/wp-content/uploads/2016/12/Uluchshenie-okr.-sredyi-v-Evrope.pdf> (дата обращения: 16.02.2025).

Цель исследования – сравнительный анализ информативности биологических жидкостей – плазмы, сыворотки и цельной крови для биомониторинга формальдегида в организме человека.

Материалы и методы. Исследование проводилось на группе мужчин, проходивших периодический медицинский осмотр на базе Центра профпатологии ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора), в возрасте от 26 до 58 лет ($41,0 \pm 3,4$ года; $n = 20$) в период с июля 2023 г. по март 2024 г.

Забор крови осуществлялся из локтевой вены в утренние часы натощак. Для получения плазмы и сыворотки использовались вакутейнеры с гепарином и без соответственно. Для определения содержания формальдегида в цельной крови использовалась гомогенизированная кровь с добавлением антикоагулянта.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора (протокол № 2 от 29.05.2023), проведено согласно общепринятым научным принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). От всех участников получено добровольное информированное согласие в соответствии с Приказом Минздрава России от 01.04.2016 № 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики».

Определение содержания формальдегида в цельной крови проводилось согласно утвержденной методике – с применением метода высокоеффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием после предварительной дериватизации 2,4-дinitрофенилгидразином². Анализ концентраций формальдегида в сыворотке и плазме крови проводился аналогичным образом, что обеспечивало возможность сопоставления результатов.

Дополнительно анализировались клинические показатели крови для оценки их взаимосвязей с содержанием формальдегида. Данные были получены при обследовании лиц в рамках Приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н при периодическом медицинском осмотре в Центре профпатологии ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора. Отбор крови для определения содержания формальдегида и клинических параметров крови проводился одновременно.

Данные статистически обрабатывались с помощью пакетов программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica 10.0 и представлялись в виде $Me [Q_1; Q_3]$, где Me – медиана, Q_1 и Q_3 – нижние и верхние квартили распределения. Достоверность различий зависимых выборок оценивалась с применением непараметрического критерия Вилкоксона, анализ корреляционных связей проводился с использованием критерия Спирмена. Статистически значимым принимался уровень различий при $p < 0,05$.

Ограничения исследования. Ограничениями данного исследования являются отсутствие оцен-

ки фактического содержания формальдегида в выделенной фракции тромбоцитов, а также незначительный объем выборки ($n = 20$).

Результаты. Клинические показатели крови лиц, включенных в исследование, преимущественно соответствовали диапазонам референсных значений (табл. 1).

Установлено, что уровни концентрации формальдегида в плазме и сыворотке крови статистически не различались ($p = 0,9405$), в то время как в цельной крови определяемые концентрации токсиканта были достоверно выше ($p = 0,0000$) (табл. 2).

Распределение формальдегида между сывороткой (плазмой) и цельной кровью не являлось постоянной величиной – в цельной крови его концентрации были выше относительно плазмы в 1,4–172,9 раза ($4,5 [Q_1 = 2,6; Q_3 = 16,2]$), относительно сыворотки – в 1,6–120,7 раза ($4,4 [Q_1 = 3,0; Q_3 = 8,5]$) (рисунок).

Интересно отметить, что величина данного соотношения имела высокую положительную корреляционную связь с уровнем тромбоцитов в крови обследуемых ($r = 0,73$ ($p = 0,0006$) для сыворотки; $r = 0,70$ ($p = 0,0025$) для плазмы). При этом высокое содержание тромбоцитов ассоциировалось с низкой концентрацией формальдегида в сыворотке и плазме ($(r = -0,71$ ($p = 0,0010$) и $r = -0,75$ ($p = 0,0003$) соответственно) при отсутствии корреляции с общим уровнем токсиканта в цельной крови.

Установлена также достоверная отрицательная взаимосвязь между уровнем ретикулоцитов крови и содержанием формальдегида в цельной крови и плазме – $r = -0,72$ ($p = 0,001$) и $r = -0,63$ ($p = 0,006$) соответственно.

Обсуждение. Результаты нашего исследования показали, что уровни концентрации формальдегида в плазме и сыворотке крови не имеют статистически значимых различий. Это подчеркивает важное сходство в распределении формальдегида в этих двух биологических жидкостях. Сыворотка крови, как известно, формируется в результате коагуляции белков и представляет собой жидкую фракцию крови, содержащую некоторое количество растворенных белков, включая альбумины и глобулины, а также другие макромолекулы. Плазма, в свою очередь, включает в себя все компоненты сыворотки, а также факторы свертывания, такие как фибриноген, протромбин и др. Полученные данные свидетельствуют о том, что формальдегид достаточно равномерно распределяется в плазме и сыворотке, а факторы свертывания не оказывают существенного влияния на уровень формальдегида в плазме. На основании вышеизложенного можно заключить, что сыворотка и плазма крови имеют сопоставимую информативность при анализе содержания неметаболизированной формы формальдегида.

На примере резистентных к формальдегиду грамотрицательных бактерий было показано, что внешняя мембрана клетки способна действовать как молекулярное сито, которое определяет, может

² МУК 4.1.2111-06 Измерение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоеффективной жидкостной хроматографии // Определение вредных веществ в биологических средах: Сборник методических указаний. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 183. С. 110–124.

Таблица 1. Гематологические параметры лиц группы исследования

Table 1. Hematological parameters of the study participants

Показатель крови / Blood count	Единица измерения / Unit of measurement	Референсные значения / Reference values	Диапазон Ме [Q_1 ; Q_3] / Range Ме [Q_1 ; Q_3]	Доля лиц с показа- телем крови ниже нормы, % / Proportion of subjects with a decreased blood count, %	Доля лиц с показа- телем крови выше нормы, % / Proportion of subjects with an increased blood count, %
СОЭ / Erythrocyte sedimentation rate	мм/ч / mm/h	2–10	3–30 4 [3; 6]	–	10
Лейкоциты / White blood cells	$10^9/\text{л}$ / $10^9/\text{L}$	4,5–10,8	3,9–10,6 6,4 [5,3; 7,3]	5	–
Лимфоциты / Lymphocytes	$10^9/\text{л}$ / $10^9/\text{L}$	0,8–4,0	1,1–3,3 1,9 [1,7; 2,3]	–	–
	%	18–40	15,7–43,7 34,8 [24,2; 37,8]	5	15
Моноциты / Monocytes	$10^9/\text{л}$ / $10^9/\text{L}$	0,1–1,5	0,2–0,9 0,4 [0,3; 0,5]	–	–
	%	3–15	4,7–9,1 6,5 [5,2; 7,7]	–	–
Гранулоциты / Granulocytes	$10^9/\text{л}$ / $10^9/\text{L}$	2–7	1,9–7,1 3,8 [3,0; 5,1]	5	5
	%	50–70	49,2–79,2 59,7 [54,7; 67,5]	5	20
Тромбоциты / Platelets	$10^9/\text{л}$ / $10^9/\text{L}$	100–300	169–379 247 [222; 280]	–	15
Ретикулоциты / Reticulocytes	%	1–12	4–13 8 [6; 10]	–	5
Эритроциты / Red blood cells	$10^{12}/\text{л}$ / $10^{12}/\text{L}$	3,5–5,5	4,2–5,6 4,8 [4,6; 4,9]	–	5
Гемоглобин / Hemoglobin	г/л / g/L	120–172	127–163 149 [142; 157]	–	–
Гематокрит / Hematocrit	%	37–54	39,5–47,6 43,3 [42,4; 45,6]	–	–
Тромбокрит / Thrombocrit	%	0,108–0,282	0,165–0,330 0,230 [0,206; 0,244]	–	15
MCV	фл / fL	80–100	83,7–94,7 91,1 [89,6; 92,9]	–	–
MCH	пг / pg	27–34	27,8–33,8 30,7 [29,6; 31,8]	–	–
MCHC	г/л / g/L	320–360	321–357 341 [328; 348]	–	–
RDV-CV	%	11–16	12,4–17,5 13,5 [13,1; 13,8]	–	5
RDV-CD	фл / fL	35–56	40,9–53,4 45,7 [42,7; 47,5]	–	–
MPV	фл / fL	6,5–12,0	8,0–9,9 9,2 [8,9; 9,6]	–	–
PDW	%	9–17	15,0–15,8 15,4 [15,3; 15,5]	–	–

Таблица 2. Уровни концентраций формальдегида в исследуемых биологических средах

Table 2. Formaldehyde concentrations in the body fluids tested

Биологическая среда / Body fluid	Плазма крови / Blood plasma	Сыворотка крови / Blood serum	Цельная кровь / Whole blood
Диапазон концентраций, мкг/мл / Concentration range, $\mu\text{g}/\text{mL}$	0–0,178	0,001–0,106	0,054–0,290
Ме [Q_1 ; Q_3], мкг/мл / $\mu\text{g}/\text{mL}$	0,020 [0,006; 0,063]	0,022 [0,016; 0,069]	0,131 [0,086; 0,173]

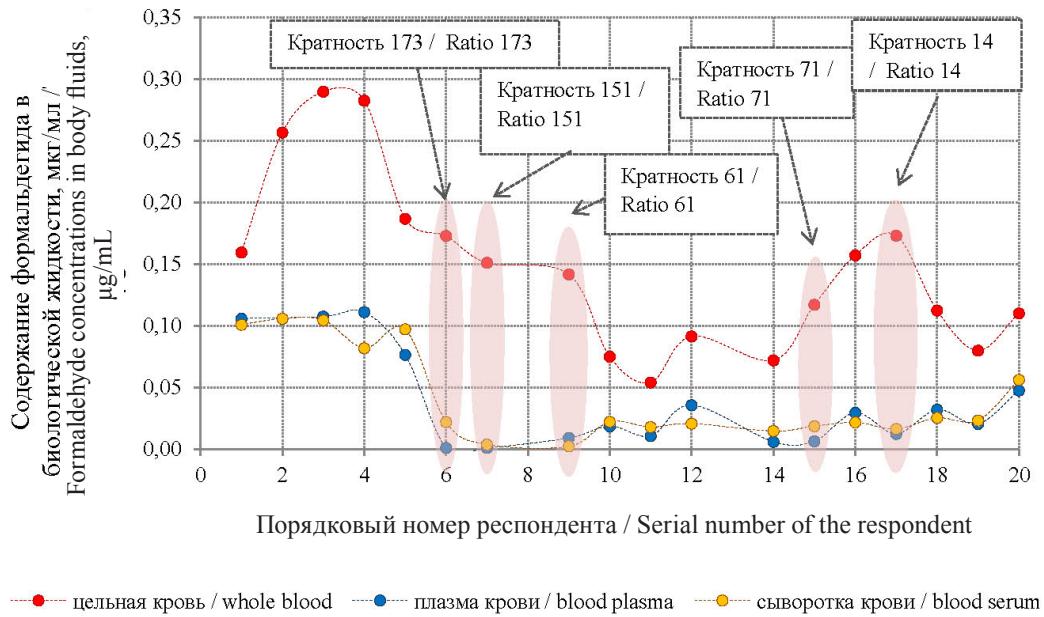


Рисунок. Содержание формальдегида в биологических жидкостях организма

Figure. Formaldehyde concentrations in body fluids

ли субстрат проникнуть внутрь [27]. Сравнение профиля белка внешней мембраны нечувствительных и чувствительных к формальдегиду бактерий показало, что в профиле первых, в отличие от вторых, присутствовал белок с высокой молекулярной массой (≥ 143 кДА), который фактически определял барьерную функцию внешней мембраны в отношении формальдегида. В данном аспекте свойства внешней мембраны, как отмечают исследователи, имеют первостепенное значение для обеспечения толерантности к указанному токсиканту.

Тромбоциты обладают двухслойной мембраной, пронизанной случайным образом отверстиями открытой канальцевой системы, которые, по-видимому, обусловливают их пропускную способность в отношении формальдегида [28]. Кроме того, непосредственно у внутреннего слоя мембраны находится микротубулярное кольцо, образованное белком тубулином, занимающим большую поверхность и обеспечивающим дискоидную форму кровяных пластинок [29]. Данный белок обладает практически втрое меньшей молекулярной массой по сравнению с белком, способным «блокировать» проникновение токсиканта, и, по-видимому, в связи с этим не может препятствовать поступлению формальдегида в клетку [27]. Нами не найдены сведения, описывающие какие-либо метаболические реакции формальдегида в тромбоцитах крови. Это позволяет предполагать, что, поступая в данные клетки, формальдегид остается в них в свободном состоянии и может быть определен хроматографически. Такое предположение подтверждается тем, что при более высоких уровнях тромбоцитов обнаруживаются достоверно более

высокие концентрации формальдегида в цельной крови по отношению к плазме (сыворотке).

Мембрана эритроцита представляет собой билипидный слой, непосредственно под которым располагаются компоненты цитоскелета, в основном спектрин и актин³ [30]. Данные белки обладают молекулярной массой, в среднем в полтора раза большей по сравнению с белками, обнаруженными в составе мембран толерантных к формальдегиду бактерий. Однако, согласно литературе, эритроциты обладают сорбционной активностью к формальдегиду. Кроме того, они содержат ферменты, которые катализируют его окисление до муравьиной кислоты, реализуя тем самым процесс детоксикации организма [10]. Преимущественно этой метаболической активностью эритроцитов в отношении формальдегида исследователи объясняют тот факт, что токсикант не обнаруживается в свободном виде после непосредственного его воздействия на кровь человека [31].

Связывание формальдегида посредством форменных элементов крови возможно также в лейкоцитах – вследствие образования стабильных аддуктов – ДНК-белковых сшивок, которые используются в качестве маркера его воздействия, и в ретикулоцитах – путем его включения в биосинтез гема на этапе конденсации порфобилиногена в тетрапиррольное соединение – уропорфириноген⁴ [4, 8, 9]. Последнее согласуется с выявленной в нашем исследовании отрицательной корреляцией между уровнями ретикулоцитов и формальдегида в крови: при более высоких концентрациях этих клеток снижается содержание определяемого хроматографически свободного формальдегида как в цельной крови, так и в плазме.

³ Меркулова И.П. Патофизиология системы крови: учебно-методическое пособие. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2012. 120 с.

⁴ Бышевский А.Ш., Терсенов О.А. Биохимия для врача. Екатеринбург: Издательско-полиграфическое предприятие «Уральский рабочий», 1994. 384 с.

Заключение. Проведенное исследование продемонстрировало эквивалентную информативность плазмы и сыворотки крови при анализе содержания формальдегида. Наблюдаемая отрицательная корреляция между его концентрацией в плазме и сыворотке и уровнем тромбоцитов в крови указывает на потенциальную роль последних в распределении формальдегида между биосредами. Содержание тромбоцитов не оказывает влияния на общий уровень токсиканта в цельной крови, однако структурные особенности их клеточных мембран при отсутствии ферментативной активности в отношении формальдегида, по-видимому, могут приводить к «накоплению» данного вещества в свободном виде в тромбоцитах. В других форменных элементах крови происходит включение формальдегида в различные биохимические процессы – окисление до муравьиной кислоты и углекислого газа, связывание в макромолекулы. Исходя из полученных результатов, использование цельной крови является более обоснованным в контексте биомониторинга формальдегида по сравнению с сывороткой и плазмой, что подчеркивает ее значимость как аналитического материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильченко И.Н., Ляпунов С.М., Окина О.И., Карамышева Т.В., Карташева А.Н. Использование методологии биомониторинга для оценки экспозиции к химическим загрязнителям // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 7. С. 85–89.
2. Онищенко Г.Г. ред; Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. Пермь: Книжный формат, 2011. 532 с.
3. Mondal I, Groves M, Driver EM, Vittori W, Halden RU. Carcinogenic formaldehyde in U.S. residential buildings: Mass inventories, human health impacts, and associated healthcare costs. *Sci Total Environ.* 2024;944:173640. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.173640
4. Nielsen GD, Wolff P. Cancer effects of formaldehyde: A proposal for an indoor air guideline value. *Arch Toxicol.* 2010;84(6):423–446. doi: 10.1007/s00204-010-0549-1
5. Protano C, Antonucci A, De Giorgi A, et al. Exposure and early effect biomarkers for risk assessment of occupational exposure to formaldehyde: A systematic review. *Sustainability.* 2024;16(9):3631. doi: 10.3390/su16093631
6. Халиков И.С. Формальдегид в атмосферном воздухе: источники поступления и пути удаления // Экологическая химия. 2019. Т. 28. № 6. С. 307–317. doi:10.25996/6854.2024.24.75.001
7. Motta O, Charlier B, De Caro F, et al. Environmental and biological monitoring of formaldehyde inside a hospital setting: A combined approach to manage chemical risk in workplaces. *J Public Health Res.* 2021;10(1):2012. doi: 10.4081/jphr.2021.2012
8. Ласковый В.Н., Ночевный В.Т., Виолин Б.В. Формальдегид: метаболизм, антибактериальные, терапевтические и иммуномодулирующие свойства (Обзор) // Аграрная наука. 2005. № 10. С. 21–25.
9. Малютина Н.Н., Тараненко Л.А. Патофизиологические и клинические аспекты воздействия метанола и формальдегида на организм человека // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 367.
10. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol.* Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2006. Accessed November 12, 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326483>
11. Protano C, Buomprisco G, Cammalleri V, et al. The carcinogenic effects of formaldehyde occupational exposure: A systematic review. *Cancers (Basel).* 2021;14(1):165. doi: 10.3390/cancers14010165
12. Reingruber H, Pontel LB. Formaldehyde metabolism and its impact on human health. *Curr Opin Toxicol.* 2018;9:28–34. doi: 10.1016/j.cotox.2018.07.001
13. Burgos-Barragan G, Wit N, Meiser J, et al. Mammals divert endogenous genotoxic formaldehyde into one-carbon metabolism. *Nature.* 2017;548(7669):549–554. doi: 10.1038/nature23481
14. Heck HD, Casanova-Schmitz M, Dodd PB, Schachter EN, Witek TJ, Tosun T. Formaldehyde (CH₂O) concentrations in the blood of humans and Fischer-344 rats exposed to CH₂O under controlled conditions. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1985;46(1):1–3. doi: 10.1080/15298668591394275
15. Kumaravel S, Wu SH, Chen GZ, et al. Development of ratiometric electrochemical molecular switches to assay endogenous formaldehyde in live cells, whole blood and creatinine in saliva. *Biosens Bioelectron.* 2021;171:112720. doi: 10.1016/j.bios.2020.112720
16. Szarvas T, Szatlóczky E, Volford J, Trézl L, Tyihák E, Rusznák I. Determination of endogenous formaldehyde level in human blood and urine by dimedone-14C radio-metric method. *J Radioanal Nucl Chem.* 1986;106:357–367. doi: 10.1007/BF02163668
17. Алексеенко А.Н., Журба О.М., Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Мыльникова И.В., Меринов А.В. Определение формальдегида в моче детей Иркутской области // Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека: Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России: в 2-х томах. Т. 1. Москва, 15–16 декабря 2016 года. Москва: Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, 2016. С. 39–41.
18. Dingler FA, Wang M, Mu A, et al. Two aldehyde clearance systems are essential to prevent lethal formaldehyde accumulation in mice and humans. *Mol Cell.* 2020;80(6):996–1012.e9. doi: 10.1016/j.molcel.2020.10.012
19. Kondo F, Kobayashi S, Saito H, et al. Development of competition enzyme-linked immunosorbent assay for determination of formaldehyde in serum. *Bunseki Kagaku.* 2007;56(12):1153–1157. doi: 10.2116/bunseki-kagaku.56.1153
20. Luo W, Li H, Zhang Y, Ang CY. Determination of formaldehyde in blood plasma by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl.* 2001;753(2):253–257. doi: 10.1016/s0378-4347(00)00552-1
21. Wang YS, Tan X, Xue JH, et al. Determination of trace formaldehyde in blood plasma by resonance fluorescence technology. *Anal Chim Acta.* 2011;690(2):234–239. doi: 10.1016/j.aca.2011.02.030
22. European Food Safety Authority. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources. *EFSA J.* 2014;12(2):3550. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3550
23. Wang Y, Pan F, Xie F, He R, Guo Q. Correlation between urine formaldehyde and cognitive abilities in the clinical

- spectrum of Alzheimer's disease. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:820385. doi: 10.3389/fnagi.2022.820385
24. Costa S, Costa C, Madureira J, et al. Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility. *Environ Res.* 2019;179(Pt A):108740. doi: 10.1016/j.envres.2019.108740
 25. Gottschling LM, Beaulieu HJ, Melvin WW. Monitoring of formic acid in urine of humans exposed to low levels of formaldehyde. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1984;45(1):19-23. doi: 10.1080/15298668491399299
 26. Oztan O, Tutkun L, Turksoy VA, et al. The relationship between impaired lung functions and cytokine levels in formaldehyde exposure. *Arch Environ Occup Health.* 2021;76(5):248-254. doi: 10.1080/19338244.2020.1816883
 27. Azachi M, Henis Y, Shapira R, Oren A. The role of the outer membrane in formaldehyde tolerance in *Escherichia coli* VU3695 and *Halomonas* sp. MAC. *Microbiology (Reading).* 1996;142(Pt 5):1249-1254. doi: 10.1099/13500872-142-5-1249
 28. White JG, Escolar G. Current concepts of platelet membrane response to surface activation. *Platelets.* 1993;4(4):175-189. doi: 10.3109/09537109309013215
 29. Марковчин А.А. Физиологические особенности тромбоцитов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1437.
 30. Трошкина Н.А., Циркин В.И., Дворянский С.А. Эритроцит: строение и функции его мембрани // Вятский медицинский вестник. 2007. № 2-3. С.32-40.
 31. Malorny G, Rietbrock N, Schneider M. Die Oxydation des Formaldehyds zu Ameisensäure im Blut, ein Beitrag zum Stoffwechsel des Formaldehyds. *Naunyn Schmiedebergs Arch Exp Pathol Pharmakol.* 1965;250:419-436. doi: 10.1007/BF00246893

REFERENCES

1. Ilchenko IN, Lyapunov SM, Okina OI, Karamysheva TV, Kartasheva AN. Application of biomonitoring methodology for the assessment of exposure to environmental pollutants. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(7):85-89. (In Russ.)
2. Onishchenko GG, Zaitseva NV, Zemlyanova MA. *Identification of Health Effects Caused by Environmental Chemical Exposure.* Onishchenko GG, ed. Perm: Knizhnyy Format Publ.; 2011. (In Russ.)
3. Mondal I, Groves M, Driver EM, Vittori W, Halden RU. Carcinogenic formaldehyde in U.S. residential buildings: Mass inventories, human health impacts, and associated healthcare costs. *Sci Total Environ.* 2024;944:173640. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.173640
4. Nielsen GD, Wolkoff P. Cancer effects of formaldehyde: A proposal for an indoor air guideline value. *Arch Toxicol.* 2010;84(6):423-446. doi: 10.1007/s00204-010-0549-1
5. Protano C, Antonucci A, De Giorgi A, et al. Exposure and early effect biomarkers for risk assessment of occupational exposure to formaldehyde: A systematic review. *Sustainability.* 2024;16(9):3631. doi: 10.3390/su16093631
6. Khalikov IS. Formaldehyde in atmospheric air: Sources of arrival and ways to remove. *Ekologicheskaya Khimiya.* 2019;28(6):307-317. (In Russ.) doi: 10.25996/6854.2024.24.75.001
7. Motta O, Charlier B, De Caro F, et al. Environmental and biological monitoring of formaldehyde inside a hospital setting: A combined approach to manage chemical risk in workplaces. *J Public Health Res.* 2021;10(1):2012. doi: 10.4081/jphr.2021.2012
8. Lascavy VN, Nochevny VT, Violin BV. Formaldehyde: Metabolism, antibacterial, therapeutic and immunomodulating characteristics. *Agrarnaya Nauka.* 2005;(10):21-25. (In Russ.)
9. Malyutina NN, Taranenko LA. Pathophysiological and clinical aspects of exposure to methanol and formaldehyde on human body. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2014;(2):367. (In Russ.)
10. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol.* Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2006. Accessed November 12, 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326483>
11. Protano C, Buomprisco G, Cammalleri V, et al. The carcinogenic effects of formaldehyde occupational exposure: A systematic review. *Cancers (Basel).* 2021;14(1):165. doi: 10.3390/cancers14010165
12. Reingruber H, Pontel LB. Formaldehyde metabolism and its impact on human health. *Curr Opin Toxicol.* 2018;9:28-34. doi: 10.1016/j.cotox.2018.07.001
13. Burgos-Barragan G, Wit N, Meiser J, et al. Mammals divert endogenous genotoxic formaldehyde into one-carbon metabolism. *Nature.* 2017;548(7669):549-554. doi: 10.1038/nature23481
14. Heck HD, Casanova-Schmitz M, Dodd PB, Schachter EN, Witek TJ, Tosun T. Formaldehyde (CH₂O) concentrations in the blood of humans and Fischer-344 rats exposed to CH₂O under controlled conditions. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1985;46(1):1-3. doi: 10.1080/15298668591394275
15. Kumaravel S, Wu SH, Chen GZ, et al. Development of ratiometric electrochemical molecular switches to assay endogenous formaldehyde in live cells, whole blood and creatinine in saliva. *Biosens Bioelectron.* 2021;171:112720. doi: 10.1016/j.bios.2020.112720
16. Szarvas T, Szatlóczky E, Volford J, Trézl L, Tyihák E, Rusznák I. Determination of endogenous formaldehyde level in human blood and urine by dimedone-14C radioisotopic method. *J Radioanal Nucl Chem.* 1986;106:357-367. doi: 10.1007/BF02163668
17. Alekseenko AN, Zhurba OM, Efimova NV, Rukavishnikov VS, Myl'nikova IV, Merinov AV. [Determination of formaldehyde in urine of children in the Irkutsk Region.] In: *Modern Methodological Problems of Studying, Assessing and Regulating Environmental Factors Affecting Human Health: Proceedings of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene Dedicated to the 85th Anniversary of A.N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene, Moscow, December 15-16, 2016.* Moscow: A.N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene Publ.; 2016;1:39-41. (In Russ.)
18. Dingler FA, Wang M, Mu A, et al. Two aldehyde clearance systems are essential to prevent lethal formaldehyde accumulation in mice and humans. *Mol Cell.* 2020;80(6):996-1012.e9. doi: 10.1016/j.molcel.2020.10.012
19. Kondo F, Kobayashi S, Saito H, et al. Development of competition enzyme-linked immunosorbent assay for determination of formaldehyde in serum. *Bunseki Kagaku.* 2007;56(12):1153-1157. doi: 10.2116/bunseki-kagaku.56.1153
20. Luo W, Li H, Zhang Y, Ang CY. Determination of formaldehyde in blood plasma by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl.* 2001;753(2):253-257. doi: 10.1016/s0378-4347(00)00552-1
21. Wang YS, Tan X, Xue JH, et al. Determination of trace formaldehyde in blood plasma by resonance fluorescence technology. *Anal Chim Acta.* 2011;690(2):234-239. doi: 10.1016/j.aca.2011.02.030
22. European Food Safety Authority. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources. *EFSA J.* 2014;12(2):3550. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3550

23. Wang Y, Pan F, Xie F, He R, Guo Q. Correlation between urine formaldehyde and cognitive abilities in the clinical spectrum of Alzheimer's disease. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:820385. doi: 10.3389/fnagi.2022.820385
24. Costa S, Costa C, Madureira J, et al. Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility. *Environ Res.* 2019;179(Pt A):108740. doi: 10.1016/j.envres.2019.108740
25. Gottschling LM, Beaulieu HJ, Melvin WW. Monitoring of formic acid in urine of humans exposed to low levels of formaldehyde. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1984;45(1):19-23. doi: 10.1080/15298668491399299
26. Oztan O, Tutkun L, Turksoy VA, et al. The relationship between impaired lung functions and cytokine levels in formaldehyde exposure. *Arch Environ Occup Health.* 2021;76(5):248-254. doi: 10.1080/19338244.2020.1816883
27. Azachi M, Henis Y, Shapira R, Oren A. The role of the outer membrane in formaldehyde tolerance in *Escherichia coli* VU3695 and *Halomonas* sp. MAC. *Microbiology (Reading).* 1996;142(Pt 5):1249-1254. doi: 10.1099/13500872-142-5-1249
28. White JG, Escolar G. Current concepts of platelet membrane response to surface activation. *Platelets.* 1993;4(4):175-189. doi: 10.3109/09537109309013215
29. Markovchin AA. Physiological characteristics of platelets. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2014;(6):1437. (In Russ.)
30. Troshkina NA, Tsirkin VI, Dvoryansky SA. Human red blood cells ultrastructure, function and molecular membrane organization (review). *Vyatskiy Meditsinskiy Vestnik.* 2007;(2-3):32-40. (In Russ.)
31. Malorny G, Rietbrock N, Schneider M. Die Oxydation des Formaldehyds zu Ameisensäure im Blut, ein Beitrag zum Stoffwechsel des Formaldehyds. *Naunyn Schmiedebergs Arch Exp Pathol Pharmakol.* 1965;250:419-436. doi: 10.1007/BF00246893

Сведения об авторах:

✉ **Жаркова Елена Михайловна** – младший научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований отдела гигиены; e-mail: elenzharkovaa@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3326-9914>.

Потапова Ирина Александровна – к.б.н., старший научный сотрудник, заведующая лабораторией химико-аналитических исследований отдела гигиены; e-mail: yes-ia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5855-5410>.

Федотова Ирина Викторовна – д.м.н., доцент, главный научный сотрудник, заведующая отделом гигиены; e-mail: irinavfed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-8290>.

Черникова Екатерина Федоровна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела гигиены; e-mail: chernikova_ef@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0565-4551>.

Калачева Екатерина Сергеевна – младший научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований отдела гигиены; e-mail: kate.kalachova2013@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8904-6534>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: **Потапова И.А.**; сбор и обработка данных: **Жаркова Е.М., Калачева Е.С.**; интерпретация результатов, анализ литературы, подготовка проекта рукописи: **Потапова И.А., Жаркова Е.М., Черникова Е.Ф.**; критический пересмотр и утверждение окончательного варианта рукописи: **Федотова И.В.** Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (протокол № 2 от 29.05.2023), выполнено согласно общепринятым научным принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). От всех участников получено добровольное информированное согласие в соответствии с Приказом Минздрава России от 01.04.2016 № 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики».

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 14.11.24 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ **Helen M. Zharkova**, Junior Researcher, Laboratory of Chemical and Analytical Research, Hygiene Department; e-mail: elenzharkovaa@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3326-9914>.

Irina A. Potapova, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Chemical and Analytical Research, Hygiene Department; e-mail: yes-ia@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5855-5410>.

Irina V. Fedotova, Dr. Sci. (Med.), docent, Chief Researcher, Head of the Hygiene Department; e-mail: irinavfed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-8290>.

Ekaterina F. Chernikova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Hygiene Department; e-mail: chernikova_ef@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0565-4551>.

Ekaterina S. Kalacheva, Junior Researcher, Laboratory of Chemical and Analytical Research, Hygiene Department; e-mail: kate.kalachova2013@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8904-6534>.

Author contributions: study conception and design: **Potapova I.A.**; data collection and processing: **Zharkova H.M., Kalacheva E.S.**; interpretation of results, literature analysis, draft manuscript preparation: **Potapova I.A., Zharkova H.M., Chernikova E.F.**; critical revision and approval of the final version of the manuscript: **Fedotova I.V.** All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology (protocol No. 2 of May 29, 2023) and conducted in accordance with the principles of the WMA Declaration of Helsinki, as amended in 2013. Voluntary informed consent was obtained from all participants in accordance with Order No. 200n “On approval of the rules of good clinical practice” by the Russian Ministry of Health dated April 1, 2016.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Received: November 14, 2024 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Распространенность приема витаминно-минеральных добавок к пище у взрослого населения Омской области

Д.В. Турчанинов, А.В. Брусенцова, Е.А. Вильмс, Ю.В. Меньщикова, М.С. Турчанинова, О.Н. Глаголева, Т.А. Юнацкая

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Ленина, д. 12, г. Омск, 644099, Российской Федерации

Резюме

Введение. Применение витаминно-минеральных добавок к пище позволяет сделать рацион современного человека в большей степени соответствующим физиологическим потребностям организма. Данных об их потреблении различными группами населения Омской области недостаточно для гигиенической оценки ситуации, что определило актуальность настоящего исследования.

Цель исследования: оценка распространенности и особенностей приема витаминно-минеральных добавок к пище взрослым населением Омской области.

Материалы и методы. Данные получены в ходе мониторинга питания и здоровья взрослого населения Омской области в четырех точках исследования (2006, 2013, 2018, 2023 годы), в котором приняли участие 1208 человек в возрасте 18–85 лет, составивших репрезентативные и сопоставимые выборки. Комплекс примененных анкет включал, в том числе, вопросы о приеме витаминно-минеральных добавок.

Результаты. Частота приема витаминно-минеральных добавок к пище у взрослого населения Омской области с 2006 по 2023 г. существенно выросла с $6,3 \pm 1,4$ до $17,8 \pm 1,6$ % ($p < 0,001$). Женщины принимали витаминно-минеральные добавки чаще мужчин ($p = 0,047$). Доли принимавших добавки городских и сельских жителей региона не отличались ($p = 0,156$), но горожане чаще применяли их в регулярном режиме. В 2023 г. наиболее часто в составе добавок принимали: витамин D ($10,3 \pm 1,3$ %), B_6 ($9,3 \pm 1,3$ %), магний ($8,5 \pm 1,2$ %), витамины B_1 ($8,2 \pm 1,2$ %), B_{12} ($8,2 \pm 1,2$ %), фолаты ($8,0 \pm 1,2$ %). Потребители добавок чаще имели более молодой возраст ($p = 0,006$), более высокий уровень образования ($p < 0,001$) в сравнении с не принимавшими добавки, уровень доходов у них существенно не различался ($p = 0,634$).

Заключение. На протяжении 17-летнего периода (2006–2023 гг.) доля взрослого населения региона, регулярно принимавшего витаминно-минеральные добавки к пище, значительно увеличилась, но оставалась ниже аналогичных показателей некоторых зарубежных стран. Полученные данные позволяют скорректировать реализацию мер формирования здорового питания населения в регионе.

Ключевые слова: витамины, минералы, витаминно-минеральные комплексы, биологически активные добавки к пище, взрослое население, Омская область, гигиена питания.

Для цитирования: Турчанинов Д.В., Брусенцова А.В., Вильмс Е.А., Меньщикова Ю.В., Турчанинова М.С., Глаголева О.Н., Юнацкая Т.А. Распространенность приема витаминно-минеральных добавок к пище у взрослого населения Омской области // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 62–68. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-62-68

Prevalence of Vitamin and Mineral Supplement Use in the Adult Population of the Omsk Region

Denis V. Turchaninov, Anna V. Brusentsova, Elena A. Vilms, Yuliya V. Menshchikova,
Maria S. Turchaninova, Oksana N. Glagoleva, Tatyana A. Yunatskaya

Omsk State Medical University, 12 Lenin Street, Omsk, 644099, Russian Federation

Summary

Introduction: Regular intake of vitamin and mineral supplements makes the diet of a contemporary man more compliant with physiological needs of his body. Available data on their use by various population groups in the Omsk Region was insufficient for a hygienic assessment of the situation, which determined the relevance of this study.

Objective: To assess the prevalence and patterns of taking dietary supplements in the adult population of the Omsk Region.

Materials and methods: The data were collected during the nutrition and health survey of the adult population of the Omsk Region conducted in the years 2006, 2013, 2018, and 2023 involving representative and comparable samples of 1,208 respondents aged 18 to 85 years. The questionnaires used included, inter alia, questions about taking vitamin and mineral supplements.

Results: From 2006 to 2023, the frequency of food supplement intake in the adult population of the Omsk Region increased significantly from 6.3 ± 1.4 % to 17.8 ± 1.6 % ($p < 0.001$). Women took vitamin and mineral supplements more often than men did ($p = 0.047$). The proportions of urban and rural residents of the region who took supplements did not differ ($p = 0.156$), but the townspeople more often used them on a regular basis. In 2023, the most commonly used supplements were vitamin D (10.3 ± 1.3 %), B_6 (9.3 ± 1.3 %), magnesium (8.5 ± 1.2 %), vitamins B_1 (8.2 ± 1.2 %) and B_{12} (8.2 ± 1.2 %), and folates (8.0 ± 1.2 %). Supplement users were more likely to be younger ($p = 0.006$) and have a higher level of education ($p < 0.001$) compared to non-users, while their income was not significantly different ($p = 0.634$).

Conclusions: Over the 17-year period (2006–2023), the proportion of the regional adult population taking dietary supplements on a regular basis increased significantly but remained lower than in some foreign countries. Our findings can help improve the implementation of measures promoting healthy eating in the region.

Keywords: витамины, минералы, витаминно-минеральные комплексы, пищевые добавки, взрослое население, Омская область, здоровый образ жизни.

Cite as: Turchaninov DV, Brusentsova AV, Vilms EA, Menshchikova YuV, Turchaninova MS, Glagoleva ON, Yunatskaya TA. Prevalence of vitamin and mineral supplement use in the adult population of the Omsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):62–68. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-62-68

Введение. К особенностям образа жизни современного человека можно отнести значительное снижение физической активности, изменение структуры рациона, снижение пищевой ценности ряда пищевых продуктов, в особенности – ультрапереработанных. Все это приводит к значительному распространению гиповитаминозов и микроэлементозов (в терминологии ВОЗ – «эпидемии скрытого голода»), в свою очередь являющихся этапом развития алиментарно-зависимых заболеваний и причинами ухудшения здоровья населения планеты.

Одним из возможных выходов из этой ситуации является коррекция структуры питания населения, в том числе благодаря использованию витаминных и витаминно-минеральных добавок к пище (далее – ВМД) как в моноформах, так и в составе витаминно-минеральных комплексов (далее – ВМК) [1]. Они могут быть зарегистрированы как лекарственные средства и в форме биологически активных добавок к пище – нутрицевтиков (далее – БАД).

Применение витаминно-минеральных добавок к пище позволяет сделать рацион современного человека в большей степени соответствующим физиологическим потребностям организма. Во всем мире этот способ коррекции питания широко используется населением. Так, в США более половины населения использовали БАД [2]. По данным литературы, с семидесятых годов XX века до первого десятилетия XXI века доля взрослых американцев, употреблявших БАД, увеличилась с 32,9 до 52,0 % [3]. В Канаде доля взрослого населения, использовавших БАД, – 40,1 % [4], в Дании – более 50 % [5], в Австралии – более 40 % [6], в Греции – более 30 % (31,4 %) [7], в Японии – 78 % [8], в Китае – менее 1 % (0,71 %) [9], в Корее – 34,2 % [10], Италии – 49,0 % [11].

По данным исследований, проведенных в России, в 2013 году доля населения в возрасте 14 лет

и старше, принимавших витаминные препараты и БАД, была 26,8 %¹, в 2018 году – 18,1 %².

Данных о потреблении ВМД различными группами населения в Омской области недостаточно для гигиенической оценки ситуации, что определило актуальность настоящего исследования.

Цель исследования: оценка распространенности и особенностей приема ВМД взрослым населением Омской области.

Материалы и методы. Данные, представленные в настоящей работе, получены в ходе мониторинга питания и здоровья взрослого населения Омской области, проводимого на базе кафедры гигиены, питания человека Омского государственного медицинского университета при участии и при поддержке региональных учреждений Роспотребнадзора с 2006 года с применением гигиенических и социологических методов.

Объект исследования – взрослое население Омской области (1624 тыс. чел. в возрасте 18 лет и старше – население региона в 2006 г., 1470 тыс. чел. – в 2023 г.).

Социологическое исследование (опрос) в каждой точке исследования проводилось методом активного анкетирования (интервью) с респондентами, вошедшими в соответствующую репрезентативную квотированную (в зависимости от пола, возраста и места проживания (город Омск, сельские районы области)) выборку жителей Омской области. Выборки во всех точках исследования сформированы из одной и той же генеральной совокупности по аналогичному принципу и не отличались по полу, возрасту, территории проживания (таблица). Медианы возраста выборки: в начальной точке исследования – 43 (30; 58) года, в конечной точке – 45 (32; 59) лет.

Критериями включения в исследование были: наличие информированного согласия на участие

Таблица. Сравнительная характеристика групп, обследованных в 2006, 2013, 2018 и 2023 гг., абс., %

Table. Comparative description of the groups surveyed in 2006, 2013, 2018, and 2023, n, %

Группы участников / Groups of respondents	2006		2013		2018		2023		2/-статистика / 2/-statistics	p
	n	%	n	%	n	%	n	%		
по полу / by sex										
Мужчины / Men	109	46,8	98	43,0	108	44,8	231	45,7	0,75	0,863
Женщины / Women	124	53,2	130	57,0	133	55,2	275	54,3		
по возрасту, лет / by age, years										
18–29	49	21,0	57	25,0	46	19,1	97	19,2	4,52	0,45
30–44	74	31,8	64	28,1	74	30,7	149	29,4		
45–64	78	33,5	77	33,8	85	35,3	182	36,0		
≥ 65	32	13,7	30	13,2	36	14,9	78	15,4		
по территории проживания / by area of residence										
Городское население / Urban population	119	51,1	130	57,0	130	53,9	254	50,2	3,33	0,34
Сельское население / Rural population	114	48,9	98	43,0	111	46,1	252	49,8		
Всего / Total	233	100,0	228	100,0	241	100,0	506	100,0		

¹ Рацион питания населения. 2013: Статистический сборник. Росстат-М.: ИИЦ «Статистика России», 2016. 220 с.

² Выборочное наблюдение рациона питания населения, 2018. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html (дата обращения: 16.02.2025).

в исследовании, соответствие характеристик потенциального респондента плану исследования (по полу, возрасту, территории и времени проживания на территории региона не менее 2 лет). В качестве интервьюеров выступали сотрудники кафедр гигиены, питания человека и эпидемиологии ОмГМУ, аспиранты и ординаторы медико-профилактических специальностей.

За период исследования проведено несколько исследовательских срезов (2006, 2013, 2018, 2023 годы), включавших, в частности, оценку фактического питания, пищевого статуса, пищевых привычек и предпочтений.

В перечень вопросов респондентам включались следующие – о приеме каких-либо витаминов, ВМК, ВМД, БАД:

– «Принимаете ли Вы сейчас витаминные или витаминно-минеральные добавки к пище? Если да, укажите – какие» (вопрос задавался в 2006, 2013, 2018, 2023 годах); варианты ответов на основной вопрос: «Да»; «Нет»;

– «Используете ли Вы биологически активные добавки (БАД) в своем питании?» (2018, 2023 годы); варианты ответов: «А) Да, всегда; Б) Да, иногда; В) Нет, потому что не считаю нужным; Г) Нет, потому что я не знаю, что это такое»;

– «Принимали ли Вы какие-либо витаминные или витаминно-минеральные добавки к пище в последние 4–6 месяцев? Если да, укажите – какие» (вопрос задавался в 2023 году); варианты ответов на основной вопрос: «Да»; «Нет».

Полученные данные подвергли статистической обработке с помощью пакета Statistica 6. Удельный вес лиц, давших различные варианты ответов, выражался в процентах, рассчитана стандартная ошибка доли (обозначены в тексте как выражения вида $P \pm m$). Различия между выборочными долями в двух группах оценивали с помощью метода углового преобразования Фишера, в трех и более группах – на основе вычисления 2/-информационной статистики Кульбака, рассматриваемой как непараметрический аналог дисперсионного анализа. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимали равным 0,05.

Результаты. Частота приема ВМД у взрослого населения Омской области с 2006 по 2023 год существенно выросла с $6,3 \pm 1,4$ до $17,8 \pm 1,6$ % ($p < 0,001$). При этом с 2013 года по 2023 год тенденция к росту существует, однако не является статистически значимой ($p = 0,095$) (рис. 1).

Структура ответов респондентов на вопрос: «Используете ли Вы биологически активные добавки (БАД) в своем питании?» представлена на рис. 2.

Доля респондентов, не использовавших БАД в своем питании, так как не считали это необходимым, в период с 2018 по 2023 г. существенно снизилась (с $59,8 \pm 2,0$ до $45,8 \pm 2,1$ %; $p < 0,001$). При этом доля взрослых жителей региона, регулярно принимавших БАД, выросла более чем в 3 раза (с $3,2 \pm 0,7$ до $9,9 \pm 1,3$ %; $p < 0,001$). Суммарное количество опрошенных, ответивших утвердительно на вопрос, выросло с $28,0 \pm 2,9$ до $41,3 \pm 2,1$ % ($p < 0,001$) (рис. 2).

На вопрос «Принимали ли Вы какие-либо витаминные или витаминно-минеральные добавки к пище в последние 4–6 месяцев?» в 2023 г. утвердительно ответили $27,4 \pm 1,9$ % взрослых жителей региона.

В случае утвердительного ответа на вопрос «Принимаете ли Вы сейчас витаминные или витаминно-минеральные добавки к пище?» респонденты детализировали конкретный вид (наименование) добавки. Анализ этих материалов в 2023 г. показал, что наиболее часто дополнительно к пище в составе ВМД принимались следующие нутриенты: витамины D ($10,3 \pm 1,35$ %), B₆ ($9,3 \pm 1,3$ %), магний ($8,5 \pm 1,25$ %), витамины B₁ ($8,2 \pm 1,22$ %), B₁₂ ($8,2 \pm 1,22$ %), фолаты ($8,0 \pm 1,21$ %) (рис. 3).

Проведен анализ ответов респондентов на вопросы с целью получения социально-демографической характеристики жителей региона, принимающих ВМД.

На вопрос о приеме ВМД в последние 4–6 месяцев утвердительно ответили $33,3 \pm 2,7$ % женщин и $25,5 \pm 2,8$ % мужчин ($2/ = 7,85$; $p = 0,047$).

Значимых различий между результатами ответов на этот вопрос среди городского и сельского населения не отмечено ($p = 0,156$). Однако характер ответов на вопрос: «Используете ли Вы БАД в своем

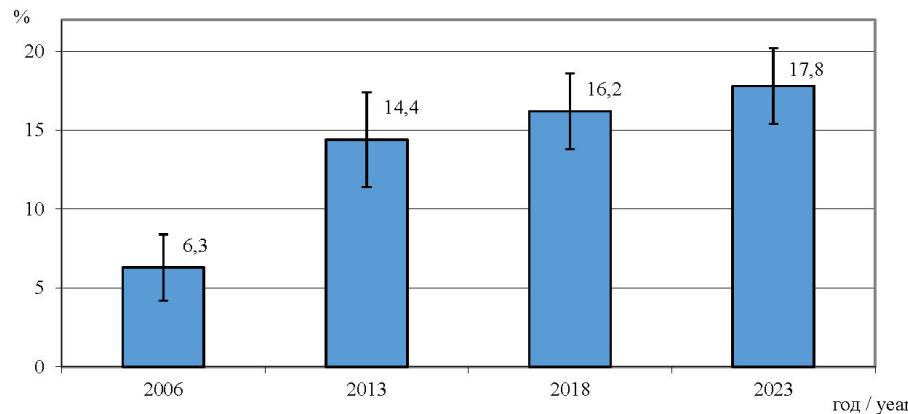


Рис. 1. Частота утвердительных ответов респондентов на вопрос: «Принимаете ли Вы сейчас витаминные или витаминно-минеральные добавки к пище?» (2006, 2013, 2018, 2023 гг., %; указан 95%-й доверительный интервал (CI95 %) показателя)

Fig. 1. Frequency of affirmative answers to the question “Are you currently taking vitamin or vitamin and mineral supplements?” in the years 2006, 2013, 2018, and 2023, %; error bars indicate 95 % CIs

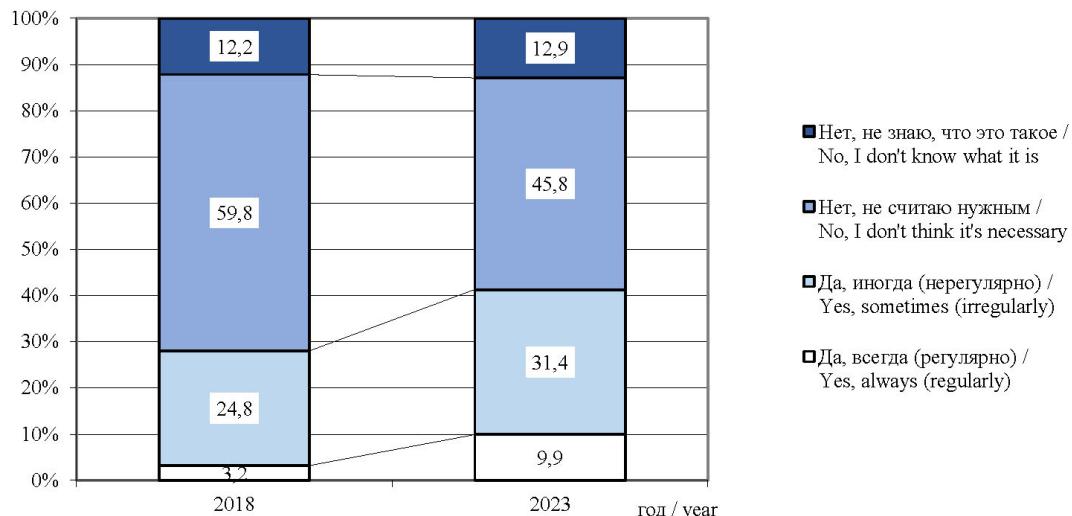


Рис. 2. Структура ответов респондентов на вопрос: «Используете ли Вы биологически активные добавки (БАД) в своем питании?» (2018, 2023 гг., %; $2/ = 42,8$; $p < 0,001$)

Fig. 2. Distribution of answers to the question “Do you take dietary supplements?” in the years 2018 and 2023, % ($2/ = 42.8$; $p < 0.001$)

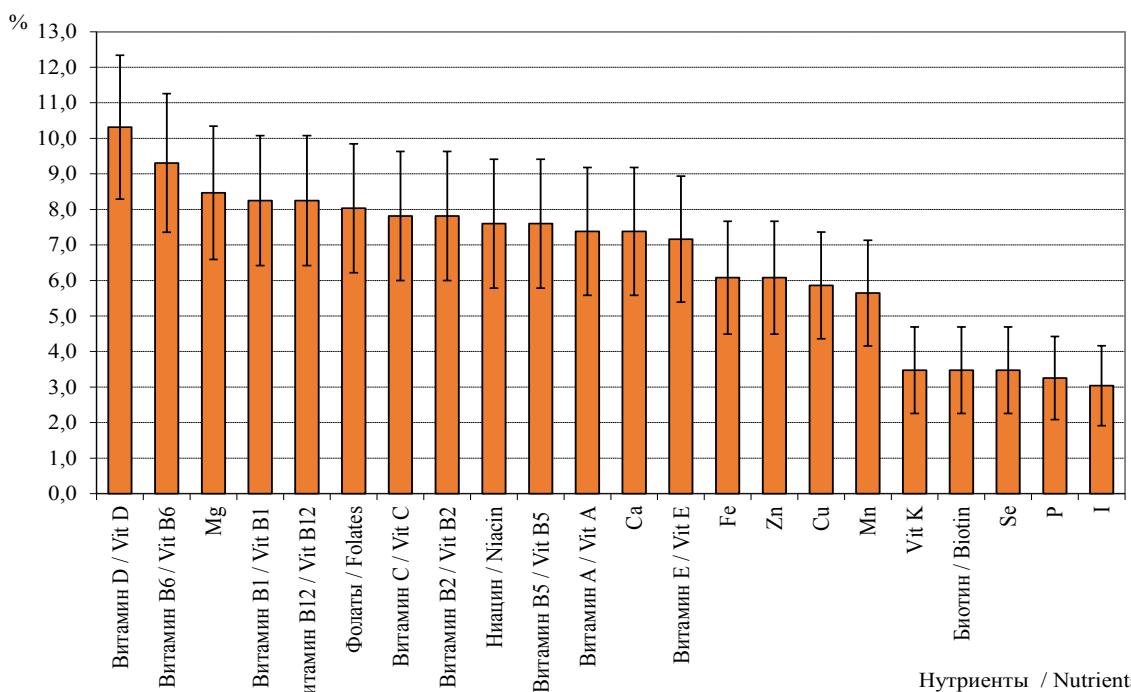


Рис. 3. Частота приема взрослым населением Омской области различных витаминов и минеральных веществ в 2023 г., %; указан 95%-й доверительный интервал (CI95 %) показателя

Fig. 3. Frequency of intake of various vitamins and minerals by the adult population of the Omsk Region in 2023, %; error bars indicate 95 % CIs

питании?» отличался: городское население чаще употребляло БАД регулярно (этот вариант выбрали 11,7 % горожан, 7,4 % жителей сельских районов), тогда как сельское население чаще выбирало ответ «Иногда» (37,2 % – сельское население, 28,5 % – городское население; $2/ = 8,86$, $p = 0,005$). Доля лиц, не принимавших БАД, так как не считали это нужным, была одинакова среди городского и сельского населения (городское население – 45,0 %, сельское население – 45,3 %).

Средний возраст респондентов, принимавших ВМД, – $41,35 \pm 0,72$ года, не принимавших –

$45,48 \pm 0,84$ года ($p = 0,006$). Таким образом, потребители витаминов и ВМК чаще относились к более молодому возрасту.

Были установлены значимые различия в уровне образования: у тех, кто принимал ВМД, чаще встречался уровень образования «высшее» ($57,0 \pm 3,9$ %), среди респондентов, отрицательно ответивших на вопрос о приеме ВМД в 2023 г., высшее образование имели $32,4 \pm 2,4$ %, у большинства из них было среднее специальное образование ($40,2 \pm 2,5$ %; $p < 0,001$).

Об уровне доходов респондентов мы могли судить лишь косвенно, по доле расходов семейного бюджета на приобретение продуктов питания. Этот показатель в группе принимавших ВМД составил 48,7 %, в группе не принимавших ВМД – 49,7 % ($p = 0,634$).

Люди, регулярно принимавшие витамины и ВМК, в целом были лучше осведомлены о принципах здорового питания, чем люди, не принимавшие ВМД. Их ответы на вопросы анкеты из этого раздела чаще были верными ($p < 0,05$, $p < 0,001$). Основными источниками информации о рациональном питании для респондентов в 2023 г. явились средства массовой информации (для $47,5 \pm 2,1$ % опрошенных), медицинские работники ($28,7 \pm 1,9$ %), книги и брошюры ($25,4 \pm 1,9$ %).

Обсуждение. Частота приема витаминов или ВМД взрослым населением Омской области в 2023 г. ($17,8 \pm 1,6$ %) была значительно ниже потребления витаминных и витаминно-минеральных добавок населением некоторых стран [2, 4, 5, 7].

Выявленное в ходе проведенного исследования существенное снижение (в 2023 г. в сравнении с 2018 г.) доли взрослых жителей области, не принимавших витамины и ВМК, поскольку не считали это необходимым, при росте доли респондентов, применяющих ВМД, может свидетельствовать об изменении уровня знаний и практик в области здорового питания.

Одной из возможных причин таких изменений могли быть образовательные программы, реализованные в период 2018–2023 гг. в рамках Федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография», позиционировавшие ВМД как дополнительные источники БАД, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, способствовавших ликвидации дефицита макро- и микронутриентов, оптимизации пищевого рациона [12, 13].

Регулярное применение в составе ВМД таких витаминов, как D, B₆, B₁, фолаты, могло являться одной из значимых причин существенного улучшения обеспеченности ими взрослого населения региона в этот же период [12].

Ранговый перечень нутриентов (по частоте приема), потребляемых населением Омской области в составе ВМД, несколько отличался от аналогичных в других странах. Так, в США лидирующие места по потреблению населением занимали: витамин D ($31,8 \pm 0,37$ %), витамин C ($29,4 \pm 0,36$ %), витамин B₁₂ ($27,6 \pm 0,33$ %), кальций ($26,1 \pm 0,35$ %), витамин B₆ ($25,9 \pm 0,35$ %), фолаты ($25,1 \pm 0,35$ %)³. В Германии население чаще принимало магний (59,4 %), кальций (37,0 %), цинк (33,6 %) и селен (23,0 %) [14]. Эти различия могут быть связаны с различной структурой питания населения, воздействиями маркетингового характера, предпочтениями потребителей.

Портрет среднего жителя Омской области, принимающего ВМД, по некоторым аспектам отличался от такового в других исследованиях.

Так, в исследованиях [15–17] лица с наименьшими доходами ВМД принимали реже, чем население с более высокими доходами, тогда как в Омской области частота приема витаминов и ВМК среди населения с различным уровнем доходов существенно не отличалась.

Также в ряде исследований были получены результаты о более частом применении БАД среди людей старшего возраста по сравнению с молодыми людьми [18–20], что отличалось от данных, полученных в нашем исследовании.

Заключение. На протяжении 17-летнего периода (2006–2023 гг.) доля взрослого населения Омской области, регулярно принимавшего ВМД, значимо увеличилась, но оставалась существенно ниже аналогичных показателей в некоторых зарубежных странах.

За период 2018–2023 гг. в Омской области число людей, регулярно принимавших ВМД, значимо возросло до $9,9 \pm 1,3$ % ($p < 0,001$), почти в 1,5 раза ($p < 0,001$) выросло общее число лиц, принимавших ВМД «иногда» и «регулярно», что соответствовало общемировым тенденциям роста доли населения, потреблявшего витамины и ВМК.

Характерными особенностями взрослого населения, регулярно принимавшего ВМД в Омской области, был более молодой возраст, более высокий уровень образования и отсутствие значимых различий в уровне доходов с лицами, не принимавшими ВМД. Соответствовало общемировой тенденции более частое потребление ВМД женщинами по сравнению с мужчинами.

Наиболее часто был отмечен прием в составе ВМД таких микронутриентов, как витамины D, B₆, B₁, B₁₂, фолаты, магний, что, наряду с изменениями фактического питания, могло привести к улучшению обеспеченности ими взрослого населения в период 2018–2023 гг. и стать одним из положительных итогов реализации комплекса мер по формированию здорового питания в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Клещевский Ю.Н., Рязанова О.А., Николаева М.А. Состояние рынка биологически активных добавок к пище: проблемы и перспективы // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3(92). С. 1224–1232. EDN YWWGOW.
- Messerer M, Johansson SE, Wolk A. Use of dietary supplements and natural remedies increased dramatically during the 1990s. *J Intern Med.* 2001;250(2):160–166. doi: 10.1046/j.1365-2796.2001.00872.x
- Gahche JJ, Bailey RL, Potischman N, et al. Federal monitoring of dietary supplement use in the resident, civilian, noninstitutionalized US population, National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr.* 2018;148(Suppl 2):1436S–1444S. doi: 10.1093/jn/nxy093
- Guo X, Willows N, Kuhle S, Jhangri G, Veugelers PJ. Use of vitamin and mineral supplements among Canadian adults. *Can J Public Health.* 2009;100(5):357–360. doi: 10.1007/BF03405270

³ Mishra, Suruchi et al. (2023). Dietary Supplement Use in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey, 2017–March 2020. (183). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/124677> (дата обращения: 16.02.2025).

5. Tetens I, Biltft-Jensen A, Spagner C, et al. Intake of micronutrients among Danish adult users and non-users of dietary supplements. *Food Nutr Res.* 2011;55:7153. doi: 10.3402/fnr.v55i0.7153
6. Burnett AJ, Livingstone KM, Woods JL, McNaughton SA. Dietary supplement use among Australian adults: Findings from the 2011–2012 National Nutrition and Physical Activity Survey. *Nutrients.* 2017;9(11):1248. doi: 10.3390/nu9111248
7. Rontogianni MO, Kanelloupolou A, Markozannes G, et al. Prevalence and determinants of sex-specific dietary supplement use in a Greek cohort. *Nutrients.* 2021;13(8):2857. doi: 10.3390/nu13082857
8. Дыдыкина И.С., Дибров Д.А., Нурбаева К.С., Коваленко П.С., Коваленко А.А. Биологически активные добавки в XXI веке: неденатурированный коллаген II типа как пример препарата для надлежащей медицинской практики // Современная ревматология. 2020. Т. 14. № 2. С. 131–137. doi: 10.14412/1996-7012-2020-2-131-137
9. Gong W, Liu A, Yao Y, et al. Nutrient supplement use among the Chinese population: A cross-sectional study of the 2010–2012 China Nutrition and Health Surveillance. *Nutrients.* 2018;10(11):1733. doi: 10.3390/nu10111733
10. Kang M, Kim DW, Baek, YJ, et al. Dietary supplement use and its effect on nutrient intake in Korean adult population in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey IV (2007–2009) data. *Eur J Clin Nutr.* 2014;68(7):804–810. doi: 10.1038/ejcn.2014.77
11. Giannarioli S, Boniglia C, Carratù, et al. Use of food supplements and determinants of usage in a sample Italian adult population. *Public Health Nutr.* 2013;16(10):1768–1781. doi: 10.1017/S1368980012004314
12. Козубенко О.В., Меньщикова Ю.В., Турчанинова М.С., Меньщикова М.П., Вильмс Е.А. Гигиеническая характеристика изменений пищевого статуса взрослого населения Омской области в период реализации национального проекта «Демография» // Фундаментальная и клиническая медицина. 2024. Т. 9. № 3. С. 29–38. doi: 10.23946/2500-0764-2024-9-3-29-38
13. Вильмс Е.А., Турчанинов Д.В., Меньщикова Ю.В., Добропольская Е.В., Стороженко А.В. Многолетняя и внутригодовая динамика показателей обеспеченности витамином D населения региона Западной Сибири // Вопросы питания. 2024. Т. 93. № 5. С. 58–65. doi: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-58-65
14. Willers J, Heinemann M, Bitterlich N, Hahn A. Intake of minerals from food supplements in a German population – A nationwide survey. *Food Nutr Sci.* 2015;6(2):205–215. doi: 10.4236/fns.2015.62021
15. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никиют Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России макроэлементами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 113–124. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00067
16. Marees AT, de Kluiver H, Stringer S, et al. A tutorial on conducting genome-wide association studies: Quality control and statistical analysis. *Int J Methods Psychiatr Res.* 2018;27(2):e1608. doi: 10.1002/mpr.1608
17. Oh H, Kim J, Huh Y, Kim SH, Jang SI. Association of household income level with vitamin and mineral intake. *Nutrients.* 2021;14(1):38. doi: 10.3390/nu14010038
18. Mishra S, Stierman B, Gahche JJ, Potischman N. Dietary supplement use among adults: United States, 2017–2018. *NCHS Data Brief.* 2021;(399):1–8
19. Sousa AG, Costa THMD. Diet and supplement assessment in a Brazilian urban population. *Rev Saude Publica.* 2021;55:26. doi: 10.11606/s1518-8787.2021055002356
20. Australian Bureau of Statistics. *Australian Health Survey: Nutrition First Results – Foods and Nutrients* [Internet]. Canberra: ABS; 2011. Accessed November 20, 2024. <http://www.abs.gov.au/statistics/health/health-conditions-and-risks/australian-health-survey-nutrition-first-results-foods-and-nutrients/latest-release>

REFERENCES

1. Kleshchevsky YuN, Ryazanova OA, Nikolaeva MA. The state of the market for dietary supplements: Problems and prospects. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo.* 2018;(3(92):1224–1232. (In Russ.)
2. Messerer M, Johansson SE, Wolk A. Use of dietary supplements and natural remedies increased dramatically during the 1990s. *J Intern Med.* 2001;250(2):160–166. doi: 10.1046/j.1365-2796.2001.00872.x
3. Gahche JJ, Bailey RL, Potischman N, et al. Federal monitoring of dietary supplement use in the resident, civilian, noninstitutionalized US population, National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr.* 2018;148(Suppl 2):1436S–1444S. doi: 10.1093/jn/nxy093
4. Guo X, Willows N, Kuhle S, Jhangri G, Veugelers PJ. Use of vitamin and mineral supplements among Canadian adults. *Can J Public Health.* 2009;100(5):357–360. doi: 10.1007/BF03405270
5. Tetens I, Biltft-Jensen A, Spagner C, et al. Intake of micronutrients among Danish adult users and non-users of dietary supplements. *Food Nutr Res.* 2011;55:7153. doi: 10.3402/fnr.v55i0.7153
6. Burnett AJ, Livingstone KM, Woods JL, McNaughton SA. Dietary supplement use among Australian adults: Findings from the 2011–2012 National Nutrition and Physical Activity Survey. *Nutrients.* 2017;9(11):1248. doi: 10.3390/nu9111248
7. Rontogianni MO, Kanelloupolou A, Markozannes G, et al. Prevalence and determinants of sex-specific dietary supplement use in a Greek cohort. *Nutrients.* 2021;13(8):2857. doi: 10.3390/nu13082857
8. Dydikina IS, Dibrov DA, Nurbaeva KS, Kovalenko PS, Kovalenko AA. Biologically active additives in the 21st century: Undenatured type II collagen as an example of good medical practice. *Sovremennaya Revmatologiya.* 2020;14(2):131–137. (In Russ.) doi: 10.14412/1996-7012-2020-2-131-137
9. Gong W, Liu A, Yao Y, et al. Nutrient supplement use among the Chinese population: A cross-sectional study of the 2010–2012 China Nutrition and Health Surveillance. *Nutrients.* 2018;10(11):1733. doi: 10.3390/nu10111733
10. Kang M, Kim DW, Baek, YJ, et al. Dietary supplement use and its effect on nutrient intake in Korean adult population in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey IV (2007–2009) data. *Eur J Clin Nutr.* 2014;68(7):804–810. doi: 10.1038/ejcn.2014.77
11. Giannarioli S, Boniglia C, Carratù, et al. Use of food supplements and determinants of usage in a sample Italian adult population. *Public Health Nutr.* 2013;16(10):1768–1781. doi: 10.1017/S1368980012004314
12. Kozubenko OV, Menshchikova YuV, Turchaninova MS, Menshchikov MP, Vilms EA. Hygienic characteristics of changes in the nutritional status of adult population in the Omsk region during the implementation of Demography national project. *Fundamental'naya i Klinicheskaya Meditsina.* 2024;9(3):29–38. (In Russ.) doi: 10.23946/2500-0764-2024-9-3-29-38
13. Vilms EA, Turchaninov DV, Menshchikova YuV, Dobrovolskaya EV, Storozhenko AV. Long-term and seasonal dynamics of vitamin D supply indicators for

- the population of the Western Siberia region. *Voprosy Pitaniya*. 2024;93(5):57-64. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-57-64
14. Willers J, Heinemann M, Bitterlich N, Hahn A. Intake of minerals from food supplements in a German population – A nationwide survey. *Food Nutr Sci*. 2015;6(2):205-215. doi: 10.4236/fns.2015.62021
15. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tuteyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy Pitaniya*. 2017;86(4):113-124. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2017-00067
16. Marees AT, de Kluiver H, Stringer S, et al. A tutorial on conducting genome-wide association studies: Quality control and statistical analysis. *Int J Methods Psychiatr Res*. 2018;27(2):e1608. doi: 10.1002/mpr.1608
17. Oh H, Kim J, Huh Y, Kim SH, Jang SI. Association of household income level with vitamin and mineral intake. *Nutrients*. 2021;14(1):38. doi: 10.3390/nu14010038
18. Mishra S, Stierman B, Gahche JJ, Potischman N. Dietary supplement use among adults: United States, 2017–2018. *NCHS Data Brief*. 2021;(399):1-8.
19. Sousa AG, Costa THMD. Diet and supplement assessment in a Brazilian urban population. *Rev Saúde Pública*. 2021;55:26. doi: 10.11606/s1518-8787.2021055002356
20. Australian Bureau of Statistics. *Australian Health Survey: Nutrition First Results – Foods and Nutrients* [Internet]. Canberra: ABS; 2011. Accessed November 20, 2024. <http://www.abs.gov.au/statistics/health-health-conditions-and-risks/australian-health-survey-nutrition-first-results-foods-and-nutrients/latest-release>

Сведения об авторах:

✉ **Брусенцова** Анна Владимировна – к.м.н., доцент, доцент кафедры гигиены питания человека; e-mail: anna4855@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8796-7526>.

Турчанинов Денис Владимирович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гигиены, питания человека; e-mail: omskgsen@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6298-4872>.

Вильмс Елена Анатольевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры эпидемиологии; e-mail: wilms26@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0263-044X>.

Меньшикова Юлия Владимировна – аспирант кафедры гигиены, питания человека; e-mail: yuliya-men1979@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7728-3617>.

Турчанинова Мария Сергеевна – к.м.н., доцент кафедры гигиены, питания человека; e-mail: omskgsen@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2823-607X>.

Глаголева Оксана Николаевна – к.м.н., доцент кафедры гигиены, питания человека; e-mail: glagoleva_on@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2448-7944>.

Юнацкая Татьяна Алексеевна – к.м.н., доцент кафедры гигиены, питания человека; e-mail: yunatskaya@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0550>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: **Турчанинов Д.В., Вильмс Е.А.**; обзор литературы: **Брусенцова А.В., Юнацкая Т.А.**; сбор данных, анализ, интерпретация данных, подготовка рукописи: **Брусенцова А.В., Вильмс Е.А., Турчанинов Д.В., Меньшикова Ю.В., Турчанинова М.С., Глаголева О.Н.** Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: протокол исследований рассмотрен и одобрен на заседаниях Локального этического комитета ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России (06 мая 2005 г., протокол № 12; 26 марта 2013 г., протокол № 54; 18 ноября 2017 г., протокол № 36/2; 03 февраля 2021 г., протокол № 128).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 21.11.24 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ **Anna V. Brusentsova**, Cand. Sci. (Med.), docent; Assoc. Prof., Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: anna4855@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8796-7526>.

Denis V. Turchaninov, Prof., Dr. Sci. (Med.); Head of the Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: omskgsen@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6298-4872>.

Elena A. Vilms, Cand. Sci. (Med.), docent; Assoc. Prof., Department of Epidemiology; e-mail: wilms26@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0263-044X>.

Yuliya V. Menshchikova, Postgraduate student, Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: yuliya-men1979@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7728-3617>.

Maria S. Turchaninova, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: omskgsen@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2823-607X>.

Oksana N. Glagoleva, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: glagoleva_on@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2448-7944>.

Tatyana A. Yunatskaya, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Human Nutrition; e-mail: yunatskaya@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0550>.

Author contributions: study conception and design: **Turchaninov D.V., Vilms E.A.**; bibliography compilation and referencing: **Brusentsova A.V., Yunatskaya T.A.**; data collection, analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: **Brusentsova A.V., Vilms E.A., Turchaninov D.V., Menshchikova Yu.V., Turchaninova M.S., Glagoleva O.N.** All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study design was reviewed and approved at the meetings of the Local Ethics Committee of the Omsk State Medical University of the Russian Ministry of Health (protocol No. 12 of May 6, 2005; protocol No. 54 of March 26, 2013; protocol No. 36/2 of November 18, 2017, and protocol No. 128 of February 3, 2021).

Funding: This research received no external funding.

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

Received: November 21, 2024 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Применение информационных технологий в мониторинге за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации

Д.Н. Никитин, С.К. Удовиченко, Е.В. Путинцева, А.В. Топорков

ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора,
ул. Голубинская, д. 7, г. Волгоград, 400066, Российской Федерации

Резюме

Введение. Актуальность рассматриваемой в статье проблемы определяется необходимостью осуществления эффективного мониторинга за возбудителем лихорадки Западного Нила с использованием современных информационных технологий на национальном уровне.

Цель исследования: обобщить опыт внедрения информационных технологий в практическую деятельность по мониторингу за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации и охарактеризовать перспективы совершенствования этого направления.

Материалы и методы. Исследованы материалы научных публикаций, индексируемых в системах научного цитирования (международных – PubMed, Scopus, и отечественных – РИНЦ), справочных эпидемиологических изданий и электронных информационных ресурсов за период 1999–2024 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам «лихорадка Западного Нила», «информационные технологии», «эпидемиологический надзор», «мониторинг за возбудителем». Из 6 799 первоначально обнаруженных работ было отобрано 20 полнотекстовых публикаций, которые соответствовали цели исследования и отражали внедрение различных аспектов информационных технологий в деятельность по мониторингу за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации.

Результаты. Разработанные решения широко внедрены в подсистемы эпидемиологического надзора на всех уровнях организации. Они предоставляют возможность выявлять случаи заболевания, вести учет циркулирующих геновариантов возбудителя, организовывать мониторинговые исследования и корректировать планы санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Их перспективы состоят в обеспечении возможностей и нормативного регулирования, разработки единой платформы для аккумулирования данных и паспортизации природных очагов болезни, а также совершенствования научных исследований в области прогнозирования развития эпидемиологической ситуации.

Заключение. Эффективность работы по мониторингу за возбудителем болезни была существенно улучшена за счет созданных электронных баз данных, информационно-аналитических систем и разработок на основе геоинформационных технологий. Однако задача прогнозирования развития эпидемиологической ситуации с использованием прогнозно-аналитических моделей остается нерешенной в полной мере.

Ключевые слова: лихорадка Западного Нила, информационные технологии, эпидемиологический надзор, мониторинг за возбудителем.

Для цитирования: Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Топорков А.В. Применение информационных технологий в мониторинге за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 69–77. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-69-77

Integration of Information Technology in West Nile Virus Surveillance in the Russian Federation

Dmitrii N. Nikitin, Svetlana K. Udvovichenko, Elena V. Putintseva, Andrey V. Toporkov

Volgograd Plague Control Research Institute, 7 Golubinskaya Street, Volgograd, 400066, Russian Federation

Summary

Introduction: The relevance of the problem discussed in this article is determined by the demand for effective IT-assisted surveillance of the causative agent of West Nile fever at the national level.

Objective: To summarize the experience in integrating information technology into practical monitoring of the West Nile virus in the Russian Federation and to outline opportunities for improvement.

Materials and methods: We reviewed publications issued in 1999–2024 and indexed in international and domestic scientific bibliographic databases (PubMed, Scopus, and Russian Science Citation Index), reference epidemiologic editions, and electronic information resources. The search was conducted using the following keywords: West Nile fever, information technology, epidemiological surveillance, and pathogen monitoring. Of 6,799 search results, we selected 20 full-text publications corresponding to the purpose of the study and describing integration of various IT aspects in West Nile virus monitoring in the Russian Federation.

Results: The developed solutions are widely implemented in epidemiological surveillance subsystems at all organizational levels. They enable case identification, record-keeping of circulating virus genotypes, monitoring organization, and adjustment of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures. Their prospects include establishing opportunities and regulatory frameworks, development of a unified platform for data accumulation and inventory of the natural foci of infection, and improving research into epidemiological situation forecasting.

Conclusions: The efficiency of West Nile virus surveillance has been significantly improved through created electronic databases, systems of information analysis, and GIS-based developments. However, the task of forecasting the epidemiological situation using predictive analytics models remains unresolved.

Keywords: West Nile fever, information technology, epidemiological surveillance, pathogen monitoring.

Cite as: Nikitin DN, Udvovichenko SK, Putintseva EV, Toporkov AV. Integration of information technology in West Nile virus surveillance in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):69–77. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-69-77

Введение. Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) является природно-очаговой зоонозной вирусной инфекцией, проблематика которой в последние десятилетия приобрела глобальный характер. Возбудитель болезни – вирус Западного Нила (ВЗН), РНК-содержащий вирус, классифицированный в род *Orthoflavivirus* семейства *Flaviviridae*. ВЗН передается преимущественно трансмиссионным механизмом, носителями инфекции являются птицы (дикие и синантропные), основными переносчиками – комары различных видов [1–3].

Распространение ЛЗН отмечено в более 90 стран мира, причем на данный момент продолжается активная территориальная экспансия возбудителя [4, 5]. В Российской Федерации циркуляция ВЗН впервые установлена в 1963 г., а с 1997 г. ежегодно регистрируются случаи заболевания. Наиболее неблагополучная эпидемиологическая ситуация отмечена на территории субъектов Южного федерального округа – Волгоградской, Астраханской, Ростовской областей и Краснодарском крае. Более того, в последние годы прослеживается тенденция расширения ареала возбудителя в северном и восточном направлениях. Так, за 2021–2024 гг. случаи местного заражения ВЗН впервые подтверждены в большинстве субъектов Центрального (2021 г. – Москва, Тульская область; 2022 г. – Владимирская, Тамбовская, Тверская области; 2023 г. – Ивановская, Костромская, Орловская области; 2024 г. – Московская, Рязанская, Смоленская и Ярославская области) и Приволжского (2023 г. – Пензенская область, Республики Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Чувашия; 2024 г. – Нижегородская и Оренбургская области, Удмуртская Республика) федеральных округов (ФО), а также на отдельных территориях Урала, Западной Сибири и Дальнего Востока (2022 г. – Уральский ФО – Ханты-Мансийский автономный округ – Югра; 2024 г. – Сибирский ФО – Республика Хакасия, Дальневосточный ФО – Хабаровский край) [6, 7].

Актуальность проблемы этой арбовирусной лихорадки для Российской Федерации требует развития системы мониторинга за возбудителем ЛЗН, функционирующей на национальном уровне. Одним из возможных направлений совершенствования аналитических и методических функций эпидемиологического надзора за ЛЗН, как и любой другой инфекционной болезни, является применение информационных технологий. На современном этапе информационные технологии широко внедрены в различные подсистемы эпидемиологического надзора на всех уровнях его организации [8–10].

Цель исследования – обобщить опыт внедрения информационных технологий в практическую деятельность по мониторингу за возбудителем ЛЗН в Российской Федерации и охарактеризовать перспективы совершенствования этого направления.

Материалы и методы. Исследованы материалы научных публикаций, индексируемых в системах научного цитирования (международных – PubMed,

Scopus и отечественных – РИНЦ), справочных эпидемиологических изданий и электронных информационных ресурсов за период 1999–2024 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам «лихорадка Западного Нила», «информационные технологии», «эпидемиологический надзор», «мониторинг за возбудителем». Из 6799 первоначально обнаруженных работ было отобрано 20 полнотекстовых публикаций, которые соответствовали цели исследования и отражали внедрение различных аспектов информационных технологий в деятельность по мониторингу за возбудителем ЛЗН в Российской Федерации.

Результаты. В системе мониторинга за возбудителем ЛЗН современные информационные технологии могут эффективно реализовывать ряд ключевых направлений. Среди них можно выделить сбор и структурирование данных эпидемиологического и эпизоотологического профиля, углубленный анализ характера проявлений эпидемического процесса (интенсивность, динамика, территориальная приуроченность, в т. ч. на основе эпидемиологического районирования). Кроме того, важной составляющей является оценка воздействия различных факторов на проявления эпидемического и эпизоотического процессов этой инфекции, что позволяет разрабатывать прогнозы относительно возможного развития ситуации. Для выполнения вышеперечисленных задач применяются такие инструменты, как электронные базы данных (БД), информационно-аналитические системы, геоинформационные системы (ГИС) и прогнозно-аналитические модели.

Электронные базы данных и информационно-аналитические системы. БД являются совокупностью электронных таблиц и иных материалов, логически связанных между собой. Основное предназначение БД состоит в системном сборе, структурировании и хранении информации. В контексте настоящей работы БД могут аккумулировать результаты эпидемиологического, зоолого-энтомологического, молекулярно-генетического мониторинга за возбудителем ЛЗН. К БД должен предъявляться стандартный набор требований – пополняемость, обеспечение масштабирования, большой временной охват данных, использование сотрудниками, не обладающими навыками по работе с БД. Функциональные возможности БД могут быть расширены путем создания пользовательских интерфейсов, интеграции в ГИС, другие БД и т. п.

К настоящему времени в открытых источниках (по данным научной электронной библиотеки eLibrary) имеется информация о 7 зарегистрированных БД, посвященных проблеме ЛЗН. Из их числа 4 БД содержат сведения о проявлениях ЛЗН в отдельных субъектах страны, т. е. обеспечивают совершенствование информационно-аналитического компонента эпидемиологического надзора на территориальном уровне¹. Три БД включают сведения по ЛЗН в масштабе Российской Федерации, однако отличаются набором исходных данных и спектром решаемых задач².

¹ Захаров К.С., Поршаков А.М., Матросов А.Н. и др. Носители и переносчики вируса Западного Нила на территории Саратовской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620626. 17.03.2017.

² Ясюкевич В.В., Рудкова А.А. Многолетняя динамика заболеваемости лихорадкой Западного Нила на территории Российской Федерации. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018620296. 13.03.2018.

Создание БД на национальном уровне, способных наиболее полно решать задачи, стоящие перед системой эпидемического надзора, представляет определенные трудности, связанные с получением и объединением данных мониторинговых исследований, выполняемых различными учреждениями и ведомствами за многолетний период наблюдения. Отправной точкой организации системы эпидемиологического надзора за ЛЗН в Российской Федерации является 2010 г. Именно тогда были утверждены нормативные документы, которые определили ключевые задачи и организационную структуру мониторинговых исследований³. В рамках этой системы были стандартизированы формы для учета, сбора, хранения и передачи данных, обеспечивая их поступление в координирующий орган – Референс-центр по мониторингу за возбудителем ЛЗН, созданный на базе ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора (далее – Референс-центр). Совокупные данные о результатах проведенных исследований в предшествующий период изучения этой инфекции в России (работа в этом направлении ведется с 1963 г.) остаются неполными. В настоящее время специалистами Референс-центра проведена работа по систематизации архивных данных, научных публикаций, ретроспективных и оперативных отчетных материалов, позволившая создать и зарегистрировать электронную БД «Проявления лихорадки Западного Нила в Российской Федерации»⁴.

БД содержит информацию о зарегистрированных случаях заболевания (пол, возраст, социально-профессиональная группа, эпидемиологический анамнез, клинико-лабораторные данные), результатах эпизоотологического обследования природно-очаговых территорий, уровне популяционного иммунитета у различных групп населения, а также циркулирующих геновариантах ВЗН. БД охватывает период с 1963 года по настоящее время и регулярно пополняется актуальными данными, отражающими текущие эпидемиологические и эпизоотологические проявления ЛЗН. Общее (по состоянию на 2024 г.) число записей составляет 8659. Для оперативного мониторинга соответствующими органами используется ознакомительная версия, размещенная в информационно-телекоммуникационной сети Интернет (представлена в формате интерактивного электронного атласа, визуализирующего данные с 2019 г.)⁵. БД позволяет анализировать структуру и динамику проявлений эпидемического и эпизоотического процессов, качества мониторинга за возбудителем (его объемы и результаты в динамике) в разрезе субъектов,

федеральных округов и страны в целом. Массив данных, содержащихся в базе, служит основой для аналитической поддержки различных направлений эпидемиологического надзора за ЛЗН. Доступная в БД информация используется для планирования мониторинговых мероприятий, выполнения эпидемиологического районирования и создания электронных паспортов территорий природных очагов болезни. Кроме того, она применяется при моделировании и прогнозировании возможного развития эпидемиологической ситуации.

В контексте оптимизации мониторинга за возбудителем ЛЗН логично рассмотреть продукты внедрения современных информационных технологий в систему национального эпидемиологического надзора. В первую очередь к таким разработкам следует отнести Единую информационно-аналитическую систему Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ЕИАС Роспотребнадзора), интегрированную в практическую деятельность организаций Роспотребнадзора с 2022 г. ЕИАС Роспотребнадзора позволяет осуществлять персонифицированный учет заболеваемости, включая ЛЗН, отслеживать обращаемость населения за медицинской помощью, получать результаты эпидемиологического и зоолого-энтомологического мониторинга и вносить данные в федеральные отчетные статистические формы (№ 1, 2 и др.)⁶. На текущем этапе ЕИАС Роспотребнадзора предоставляет оперативные данные о ситуации по ЛЗН в Российской Федерации, что повышает скорость обработки информации и анализа эпидемиологической ситуации, способствует качественному и эффективному взаимодействию Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека с подведомственными органами и учреждениями Роспотребнадзора в субъектах страны, включая Референс-центр. В целом использование платформы внесло существенный вклад в принятие оперативных и проспективных управленческих решений.

В России создана единая система агрегирования результатов геномной идентификации этиологических агентов инфекционных и паразитарных заболеваний – платформа VGARus. Данное решение, разработанное на базе ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора, выполняет функции передачи и хранения информации о расшифровках геномов и связанных данных об образцах возбудителей⁷. Кроме того, платформа обеспечивает классификацию и депонирование полногеномных последовательностей, что способствует повышению эффективности биоинформационного анализа и позволяет получить новые сведения о глобальном

³ МУ 3.1/4.2.4069—24 «Эпидемиологический надзор, лабораторная диагностика и профилактика лихорадки Западного Нила». Москва : ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2025. 59 с.

⁴ Никитин Д.Н., Жуков К.В., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Викторов Д.В., Топорков А.В. Проявления лихорадки Западного Нила в Российской Федерации. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621282. 16.06.2021 г.

⁵ Интерактивный атлас «Проявления лихорадки Западного Нила в Российской Федерации». ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://lzn-refcenter.ru/gis/> (дата обращения: 12.12.2024).

⁶ В Роспотребнадзоре обсудили вопросы развития и реализации ЕИАС. [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.rosпотребnadzor.ru/about/info/news/page1.php?ELEMENT_ID=25986 (дата обращения: 12.12.2024).

⁷ Платформа VGARus. ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.crie.ru/about/aggregation/vgarus.php> (дата обращения: 12.12.2024).

распространении, генетическом разнообразии и эволюции возбудителей [11]. Осуществление мониторинга за геномом ВЗН с использованием VGARus необходимо для систематизации информации о филогенетических взаимоотношениях популяций вируса, определения изменений генома, выявления интродукции и анализа распространения конкретных геновариантов возбудителя на территории страны. В период 2023–2024 гг. на платформе размещено 84 полногеномные последовательности ВЗН, вместе с тем существует потребность в депонировании последовательностей ВЗН, полученных в более ранние периоды времени при выполнении углубленных молекулярно-генетических исследований на базе научно-исследовательских и иных учреждений.

Географические информационные системы. ГИС представляют собой специализированные программные решения, разработанные для сбора, хранения, обработки и представления пространственной информации. Центральным элементом ГИС являются географические данные, которые включают пространственные объекты, координаты местоположений и связанные с ними атрибуты. В рамках мониторинга за возбудителем ЛЗН ГИС применяются для создания тематических карт с целью планирования прицельных поисковых исследований, уточнения объема реализуемых профилактических мероприятий и оценки их эффективности на конкретной территории. ГИС являются современными информационными технологиями, позволяющими в электронном интегрированном виде представлять многослойную структуру информационного содержания эпидемиологического районирования. Относительно природно-очаговых инфекций, к числу которых относится ЛЗН, внедрение ГИС особенно ценно, поскольку эти болезни характеризуются географической привязкой к определенным ландшафтным зонам, где условия среды способствуют устойчивой циркуляции возбудителя.

С использованием ГИС составлены картографические материалы, представляющие состояние очагов ЛЗН в Астраханской и Волгоградской областях, разработаны электронные атласы отдельных субъектов («Картосхемы административных районов Волгоградской области, в которых зарегистрированы заболевания людей природно-очаговыми инфекциями и выявлены природные и антропургические (хозяйственные) очаги инфекции» и «Распространенность природно-очаговых и особо опасных инфекций на территории Волгоградской области») и федеральных округов («Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа»)^{8,9}. В вышеперечисленных

работах представлена информация о территориях, на которых были отмечены заболеваемость ЛЗН и популяционный иммунитет к ВЗН населения, а также положительные результаты исследований зоолого-энтомологического материала [8, 12, 13].

Внедрение ГИС в технологию эпидемиологического районирования территории существенно повышает точность и достоверность пространственно-временного анализа эпидемиологического риска. Это позволяет выделить участки с наиболее высокими значениями риска и, следовательно, усилить противоэпидемическую готовность Роспотребнадзора и системы здравоохранения. Конкретно для решения этой задачи был применен метод пространственного кластерного анализа (образование и ранжирование т.н. кластеров или «горячих точек» – сгруппированных близко расположенных объектов, общих по какому-либо признаку, в пределах заданной области) с построением карт плотности очагов ЛЗН на территории юга европейской части России¹⁰. В последующем был разработан методологический подход районирования территорий, эндемичных по ЛЗН. Этот подход сочетает в себе пространственный кластерный анализ и традиционный в эпидемиологии метод экспертных (балльных) оценок. Апробация последнего подхода была проведена на модели Волгоградской области, результаты продемонстрировали высокий эпидемиологический риск на более 70 % территории субъекта [14]. Объективность эпидемиологического районирования может обеспечиваться высокотехнологичными средствами, среди которых стоит отметить метод дистанционного зондирования Земли. На основе данных о топографии местности, полученных с его помощью, и инструментов ГИС проведено картирование различных типов природных очагов ЛЗН на территории Саратовской области¹¹.

Перспектива использования ГИС – создание паспортов природных очагов ЛЗН, которые аккумулируют информацию о местах повышенного эпидемиологического риска (например, инфицирования заболевших) с привязкой к географическим координатам; уровне популяционного иммунитета к ВЗН, обнаружении маркеров возбудителя в зоолого-энтомологическом материале, климатических и медико-демографических показателей – в пределах муниципальных образований, административных территорий, и т. п. В то же время разработка таких паспортов затрудняется отсутствием в ряде регионов страны долгосрочных данных мониторинга (эпидемиологического и зоолого-энтомологического) за ВЗН, формирующих целостное представление о состоянии природных очагов болезни.

⁸ Злекю А.В., ред. Картосхемы административных районов Волгоградской области, в которых зарегистрированы заболевания людей природно-очаговыми инфекциями и выявлены природные и антропургические (хозяйственные) очаги инфекции. Волгоград: Управление Роспотребнадзора по Волгоградской области, 2010. 38 с.

⁹ Смелянский В.П., Викторов Д.В., Антонов В.А. и др. Распространенность природно-очаговых и особо опасных инфекций на территории Волгоградской области. Волгоград: ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, 2014. 43 с.

¹⁰ Смоленский В.Ю. Проблемы формирования международного сотрудничества в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения: специальность 14.02.02 «Эпидемиология»: дисс. ... канд. мед. наук / Смоленский Вячеслав Юрьевич; Российской научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора. Саратов, 2012. 200 с.

¹¹ Захаров К.С. Формирование природных и антропургических очагов лихорадки Западного Нила в Саратовской области: специальность 14.02.02 «Эпидемиология»: дисс. ... канд. биол. наук / Захаров Кирилл Сергеевич; Российской научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора. Саратов, 2019. 192 с.

Прогнозно-аналитические модели. Эта группа инструментов состоит из статистических приемов, математических методов, программных вычислительных комплексов и иных решений, которые используются для описания закономерностей и количественного прогнозирования развития эпидемиологической ситуации. В их основе лежат технологии обработки больших объемов данных о различных факторах и явлениях, влияющих на характер интенсивности проявлений эпидемического процесса. При помощи этих данных прогнозно-аналитические модели могут определять тенденции, предсказывать вероятные осложнения эпидемиологической ситуации и оценивать риски, что позволяет уточнять объем и своевременно реализовывать комплекс санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

Актуальным подходом к количественному прогнозированию заболеваемости природно-очаговыми инфекциями, в т. ч. ЛЗН, является применение методов машинного обучения, в частности моделирования на основе искусственных нейронных сетей. Его общий смысл заключается в поиске корреляций между несколькими наборами исходных данных, представляющих различные факторы и явления. Данные связываются с одним или несколькими выходными показателями, в качестве которых могут выступать заболеваемость населения (в относительных и/или абсолютных величинах), степень потенциального эпидемиологического риска или представленные в количественном выражении другие параметры, оказывающие приоритетное воздействие [15–17]. Преимуществом этого подхода является возможность анализа больших массивов данных различного характера, что позволяет выявить сложные нелинейные зависимости.

Главный способ прогнозирования эпидемиологической обстановки по ЛЗН в Российской Федерации в настоящее время основывается на методологии экспертов оценок. При составлении прогноза учитываются климатические факторы, влияющие на фенологию и численность переносчиков ВЗН, и результаты зоолого-энтомологического мониторинга. Количественное прогнозирование непосредственно числа случаев ЛЗН или относительного показателя заболеваемости населения остается проблемным вопросом.

Тем не менее научные исследования и разработки в данной области подтвердили возможность применения математического моделирования для прогнозирования проявлений эпидемического процесса ЛЗН в России. В частности, на примере Волгоградской и Астраханской областей была выявлена зависимость уровня заболеваемости ЛЗН от природно-климатических факторов на основе многолетних наблюдений. Проведенный анализ показал, что циркуляция ВЗН, как правило, активизируется при температуре воздуха выше 3 °C в зимний период и выше 22 °C – в летний [18]. На модели Волгоградской области эта корреляция была детализирована. Исследователями установлено, что в начале эпидемиологического сезона (25-я неделя года) рост заболеваемости связан

с повышением температуры воздуха выше 22 °C при одновременном снижении относительной влажности (не более 50 %) [19]. На основе анализа природно-климатических условий в этом субъекте страны предложена концепция модели, прогнозирующей динамику заболеваемости ЛЗН. Согласно ей, развитие эпидемиологической ситуации обеспечивается совокупностью нескольких факторов, включая отсроченное (примерно на 1 календарный месяц) воздействие летних температур, численность переносчиков ВЗН, а также уровни воды, фиксируемые до начала эпидемиологического сезона на гидрологических постах [20].

В рамках деятельности Референс-центра по мониторингу за возбудителем ЛЗН с использованием аналитической платформы Loginot (ООО «Аналитические технологии») разработана методологическая основа количественного прогнозирования развития эпидемиологической ситуации по ЛЗН, базирующаяся на вышеописанных принципах. Нейросетевая модель использует данные о средней температуре воздуха в сезон передачи ВЗН (апрель – октябрь) в качестве входного параметра и рассчитывает прогнозируемое количество случаев заболевания, а также показатель заболеваемости на 100 тыс. населения. Границами применимости модели являются субъекты Российской Федерации, характеризующиеся наличием обширного массива эпидемиологических данных с периодом наблюдения более 20 лет – Волгоградская, Астраханская и Ростовская области (рисунок).

При апробации модели в 2023 и 2024 гг. во всех случаях прогнозируемая заболеваемость в указанных субъектах превышала среднемноголетний уровень. По оценкам Референс-центра, модель продемонстрировала относительно высокую точность прогноза несмотря на то, что зарегистрированные показатели заболеваемости были ниже прогностических. Это может говорить о незначительном влиянии температуры воздуха на заболеваемость ЛЗН на анализируемой территории и приоритетной роли социального фактора (обследование и выявление больных). То есть фактическая точность прогнозирования и работоспособность модели зависят от стабильности комплекса природно-климатических условий, определяющих активность ВЗН в эпизоотическом и эпидемическом циклах, а также от возможности выявления больных (т. е. качества эпидемиологического мониторинга) [7].

Обсуждение. С нашей точки зрения, применение электронных БД и информационно-аналитических систем, в т. ч. внедренных на федеральном уровне, способствует своевременному реагированию на изменение характера проявлений эпидемического процесса ЛЗН. Перспективы развития этого направления на современном этапе определяются, главным образом, обеспечением возможностей (технологических, кадровых и др.) и нормативного регулирования работы с такими платформами, их ведения и пополнения. Поскольку проявления ЛЗН характеризуются не только эпидемическим, но и первоочередно эпизоотическим процессом, доступ к информационным системам следует предоставить

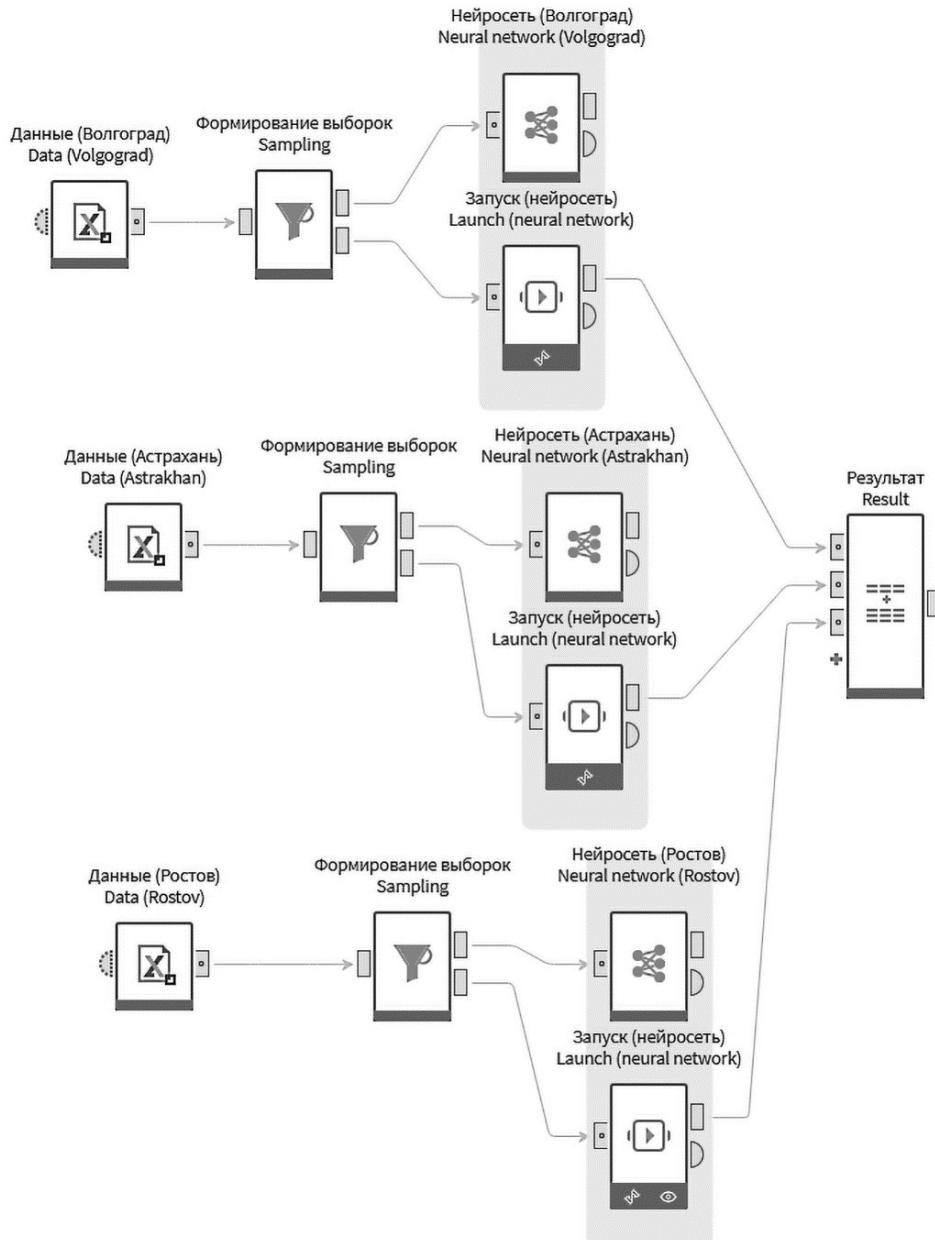


Рисунок. Прогностическая модель развития эпидемиологической ситуации по ЛЗН, разработанная на базе аналитической платформы Loginom¹²

Figure. The model for prediction of the epidemiologic situation on West Nile fever developed on the basis of the Loginom analytical platform¹²

не только учреждениям Роспотребнадзора, но и другим ведомствам (Министерство здравоохранения, Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору и пр.) с целью последующей консолидации информации в единую БД и повышения эффективности внутри- и межведомственного взаимодействия.

Совершенствование направления работы с ГИС, на наш взгляд, определяется разработкой единой геоинформационной платформы, аккумулирующей как ретроспективные, так и оперативные эпидемиологические данные с возможностью отслеживания динамики состояния природных очагов инфекции. При этом источниками данных для платформы могут

выступать уже существующие БД регионального и федерального уровней. По нашему мнению, такая платформа должна предоставлять достаточную для анализа и прогнозирования характеристику очага ЛЗН конкретных территорий (интенсивность проявлений эпидемического и эпизоотического процессов, свойства возбудителя, особенности носителей и переносчиков, состояние системы здравоохранения и т. д.).

Область применения прогнозно-аналитических моделей в отношении ЛЗН существенно ограничена. В первую очередь это связано с отсутствием достоверных эпидемиологических данных и результатов зоолого-энтомологического мониторинга за

¹² Loginom. ООО «Аналитические технологии». [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://loginom.ru/> (дата обращения: 12.12.2024)

длительный период наблюдения на значительной части территории страны. Другой причиной, затрудняющей разработку прогнозов по ЛЗН, является зависимость заболеваемости от социального фактора – качества выявления случаев болезни. Исходя из вышеизложенного, количественный прогноз в отношении конкретных очагов ЛЗН на данный момент не может быть составлен. Что касается климатических показателей, на территории наиболее изученных субъектов – юга России – их изменения не оказывают значительного воздействия на проявления эпидемического процесса. Перспективы совершенствования данного направления представляют дальнейшие научные исследования по изучению влияния широкого спектра биотических и абиотических факторов на течение эпидемического и эпизоотического процессов ЛЗН.

Заключение. Использование информационных технологий в эпидемиологическом надзоре за ЛЗН сегодня является неотъемлемой частью работы органов и учреждений Роспотребнадзора. Эффективность работы по мониторингу за возбудителем болезни была существенно улучшена за счет созданных электронных БД, информационно-аналитических систем и разработок на основе ГИС-технологий. В частности, появилась возможность оперативно выявлять случаи заболевания, вести учет циркулирующих на территории страны геновариантов возбудителя, организовывать прицельные мониторинговые исследования и корректировать планы санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Однако задача прогнозирования развития эпидемиологической ситуации по ЛЗН в России с использованием прогнозно-аналитических моделей по-прежнему остается нерешенной в полной мере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Singh P, Khatib MN, Ballal S, et al. West Nile Virus in a changing climate: Epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges – a comprehensive review. *Emerg Microbes Infect.* 2025;14(1):2437244. doi: 10.1080/22221751.2024.2437244
2. Lu L, Zhang F, Oude Munnink BB, et al. West Nile virus spread in Europe: Phylogeographic pattern analysis and key drivers. *PLoS Pathog.* 2024;20(1):e1011880. doi: 10.1371/journal.ppat.1011880
3. Llorente F. West Nile virus infection. *Pathogens.* 2023;12(2):151. doi: 10.3390/pathogens12020151
4. Karim SU, Bai F. Introduction to West Nile virus. *Methods Mol Biol.* 2023;2585:1-7. doi: 10.1007/978-1-0716-2760-0_1
5. Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Топорков А.В. Лихорадка Западного Нила: проявления эпидемического процесса в мире // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2024. Т. 13. № 4. С. 94–101. doi: 10.33029/2305-3496-2024-13-4-94-101
6. Климова Е.А., Карткина Г.Н., Шакарян А.К. и др. Лихорадка Западного Нила на территории Московской агломерации // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2021. Т. 10. № 4. С. 13–21. doi: 10.33029/2305-3496-2021-10-4-13-21
7. Путинцева Е.В., Удовиченко С.К., Никитин Д.Н., Бородай Н.В., Антонов А.С., Топорков А.В. Лихорадка Западного Нила: анализ эпидемиологической ситуации в Российской Федерации в 2023 г., прогноз на 2024 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2024. № 1. С. 89–101. doi: 10.21055/0370-1069-2024-1-89-101
8. Солицев Л.А., Зайцева Н.Н., Ефимов Е.И. Электронная система хранения, представления и анализа эпидемиологической информации в масштабе федерального округа // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9. № 4. С. 170–176. doi: 10.17691/stm2017.9.4.21
9. Водяницкая С.Ю., Судынина Л.В., Логвин Ф.В., Водопьянов А.С., Киреев Ю.Г., Баташев В.В. ГИС-технологии в совершенствовании эпидемиологического надзора за сибирской язвой в Ростовской области // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2016. Т. 21. № 3. С. 152–156. doi: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-152-156
10. Прислегина Д.А., Малецкая О.В., Дубянский В.М. и др. Мониторинг за комарами – переносчиками опасных арбовирусов на основе использования интернет-ресурса ZikaMap // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 7. С. 75–82. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-75-82
11. Grad YH, Lipsitch M. Epidemiologic data and pathogen genome sequences: A powerful synergy for public health. *Genome Biol.* 2014;15(11):538. doi: 10.1186/s13059-014-0538-4
12. Ковтунов А.И., Юстратов В.Б., Никешина Н.Н. Эпидемиологическая характеристика лихорадки Западного Нила в Астраханской области // Арбовирусы и арбовирусные инфекции. 2007. С. 114–115.
13. Жуков К.В., Удовиченко С.К., Никитин Д.Н. Викторов Д.В., Топорков А.В. Использование географической информационной системы в эпидемиологическом надзоре на примере арбовирусных инфекций // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2021. Т. 10. № 2. С. 16–24. doi: 10.33029/2305-3496-2021-10-2-16-24
14. Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Жуков К.В., Путинцева Е.В., Викторов Д.В., Топорков А.В. Разработка подхода к комплексному эпидемиологическому районированию эндемичной по лихорадке Западного Нила территории (на примере Волгоградской области) // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21. № 1. С. 47–55. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-47-55
15. Farooq Z, Rocklöv J, Wallin J, et al. Artificial intelligence to predict West Nile virus outbreaks with eco-climatic drivers. *Lancet Reg Health Eur.* 2022;17:100370. doi: 10.1016/j.lanepe.2022.100370
16. Косова А.А., Чалапа В.И., Ковтун О.П. Методы моделирования и прогнозирования динамики эпидемического процесса инфекционных болезней // Уральский медицинский журнал. 2023. Т. 22. № 4. С. 102–112. doi: 10.52420/2071-5943-2023-22-4-102-112
17. Иванова А.В., Сафонов В.А. Формирование объективной методической базы эпидемиологического прогнозирования заболеваемости геморрагической лихорадкой с почечным синдромом с использованием методов машинного обучения // Проблемы особо опасных инфекций. 2024. № 3. С. 103–110. doi: 10.21055/0370-1069-2024-3-103-110
18. Платонов А.Е. Влияние погодных условий на эпидемиологию трансмиссивных инфекций (на примере лихорадки Западного Нила в России) // Вестник Российской академии медицинских наук. 2006. № 2. С. 25–29
19. Сафонов В.А., Смоленский В.Ю., Смелянский В.П., Савченко С.Т., Раздорский А.С., Топорков В.П. Оценка динамики эпидемических проявлений лихорадки

- Западного Нила в Волгоградской области в зависимости от климатических условий, предшествующих началу эпидемического сезона // Вопросы вирусологии. 2014. Т. 59. №. 6. С. 42–46
20. Жуков К.В., Никитин Д.Н., Коврижных Д.В., Викторов Д.В., Топорков А.В. Разработка концептуальной схемы прогнозно-аналитической модели заболеваемости лихорадкой Западного Нила на основе оценки природно-климатических факторов (на примере Волгоградской области) // Анализ риска здоровью. 2022. № 4. С. 124–136. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.12

REFERENCES

1. Singh P, Khatib MN, Ballal S, et al. West Nile Virus in a changing climate: Epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges – a comprehensive review. *Emerg Microbes Infect.* 2025;14(1):2437244. doi: 10.1080/22221751.2024.2437244
2. Lu L, Zhang F, Oude Munnink BB, et al. West Nile virus spread in Europe: Phylogeographic pattern analysis and key drivers. *PLoS Pathog.* 2024;20(1):e1011880. doi: 10.1371/journal.ppat.1011880
3. Llorente F. West Nile virus infection. *Pathogens.* 2023;12(2):151. doi: 10.3390/pathogens12020151
4. Karim SU, Bai F. Introduction to West Nile virus. *Methods Mol Biol.* 2023;2585:1–7. doi: 10.1007/978-1-0716-2760-0_1
5. Nikitin DN, Udovichenko SK, Putintseva EV, Toporkov AV. West Nile fever: Manifestations of the epidemic process in the world. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie.* 2024;13(4):94–101. (In Russ.) doi: 10.33029/2305-3496-2024-13-4-94-101
6. Klimova EA, Karetkina GN, Shakaryan AK, et al. West Nile fever on the territory of the Moscow agglomeration. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie.* 2021;10(4):13–21. (In Russ.) doi: 10.33029/2305-3496-2021-10-4-13-21
7. Putintseva EV, Udovichenko SK, Nikitin DN, Boroday NV, Antonov AS, Toporkov AV. West Nile fever: Analysis of the epidemiological situation in the Russian Federation in 2023, forecast for 2024. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2024;(1):89–101. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2024-1-89-101
8. Solntsev LA, Zaitseva NN, Efimov EI. Electronic system of storage, representation, and analysis of epidemiological information on a federal district scale. *Modern Technologies in Medicine.* 2017;9(4):170–176. doi: 10.17691/stm2017.9.4.21
9. Vodyanitskaya SYu, Sudina LV, Logvin FV, Vodopjanov AS, Kireev YuG, Batashev VV. GIS-technologies in the advancement of epidemiological surveillance for anthrax in the Rostov region. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2016;21(3):152–156. (In Russ.) doi: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-152-156
10. Prislegina DA, Maletskaya OV, Dubyanskiy VM, et al. Monitoring of the mosquito vector of dangerous arboviruses using the ZikaMap web portal. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2023;31(7):75–82. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-75-82
11. Grad YH, Lipsitch M. Epidemiologic data and pathogen genome sequences: A powerful synergy for public health. *Genome Biol.* 2014;15(11):538. doi: 10.1186/s13059-014-0538-4
12. Kovtunov AI, Yustratov VB, Nikeshina NN, et al. [Epidemiological characteristics of West Nile fever in the Astrakhan Region.] In: *[Arboviruses and Arbovirus Infections.]* Moscow; 2007:114–115. (In Russ.)
13. Zhukov KV, Udovichenko SK, Nikitin DN, Viktorov DV, Toporkov AV. Application of geographic information systems in epidemiological surveillance for West Nile Fever and other arbovirus infections at the modern stage. *Infektsionnye Bolezni: Novosti, Mneniya, Obuchenie.* 2021;10(2):16–24. (In Russ.) doi: 10.33029/2305-3496-2021-10-2-16-24
14. Nikitin DN, Udovichenko SK, Zhukov KV, Putintseva EV, Viktorov DV, Toporkov AV. Development of an approach to integrated epidemiological zoning of West Nile Fever endemic territory (by the example of the Volgograd region). *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika.* 2022;21(1):47–55. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-47-55
15. Farooq Z, Rocklöv J, Wallin J, et al. Artificial intelligence to predict West Nile virus outbreaks with eco-climatic drivers. *Lancet Reg Health Eur.* 2022;17:100370. doi: 10.1016/j.lanepe.2022.100370
16. Kosova AA, Chalapa VI, Kovtun OP. Methods for modeling and forecasting dynamics of infectious diseases. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal.* 2023;22(4):102–112. (In Russ.) doi: 10.52420/2071-5943-2023-22-4-102-112
17. Ivanova AV, Safronov VA. Formation of a credible methodological framework for epidemiological forecasting of the incidence of hemorrhagic fever with renal syndrome using machine learning techniques. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2024;(3):103–110. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2024-3-103-110
18. Platonov AYe. The influence of weather conditions on the epidemiology of vector-borne diseases by the example of West Nile fever in Russia. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk.* 2006;(2):25–29. (In Russ.)
19. Safronov VA, Smolenskij VJu, Smeljanskij VP, Savchenko ST, Razdorskij AS, Toporkov VP. Assessment of epidemic manifestations of the West Nile fever in the Volgograd region depending on the climatic conditions. *Voprosy Virusologii.* 2014;59(6):42–46. (In Russ.)
20. Zhukov KV, Nikitin DN, Kovrzhnykh DV, Viktorov DV, Toporkov AV. A conceptual scheme of a predictive-analytical model for describing incidence of West Nile fever based on weather and climate estimation (exemplified by the Volgograd region). *Health Risk Analysis.* 2022;4(4):124–136. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.12.eng

Сведения об авторах:

✉ Никитин Дмитрий Николаевич, к.м.н., научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и эпизоотологического мониторинга; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Удовиченко Светлана Константиновна, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и эпизоотологического мониторинга; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8682-1536>.

Путинцева Елена Викторовна, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и эпизоотологического мониторинга; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9368-6165>.

Топорков Андрей Владимирович, д.м.н., доцент, директор; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3449-4657>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Топорков А.В.; обзор литературы: Никитин Д.Н.; сбор данных, анализ, интерпретация данных, подготовка проекта рукописи: Никитин Д.Н., Удовиченко С.К., Путинцева Е.В., Топорков А.В. 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: 03.02.25 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ Dmitrii N. **Nikitin**, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Entomological Monitoring; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Svetlana K. **Udovichenko**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Entomological Monitoring; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8682-1536>.

Elena V. **Putintseva**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Entomological Monitoring; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9368-6165>.

Andrey V. **Toporkov**, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Director; e-mail: info@vnipchi.rosotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3449-4657>.

Author contributions: study conception and design: *Nikitin D.N., Udovichenko S.K., Putintseva E.V., Toporkov A.V.*; bibliography compilation and referencing: *Nikitin D.N.*, data collection, analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Nikitin D.N., Udovichenko S.K., Putintseva E.V., Toporkov A.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

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

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Received: February 3, 2025 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025



Научное обоснование популяционного мониторинга сообщества свободноживущих простейших природных биотопов. Часть 2

К.Ю. Кузнецова¹, Ю.А. Рахманин², Р.И. Михайлова², В.Н. Герасимов³, В.В. Мальцев¹, С.А. Петрова¹

¹ ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации, ул. Тимошенко Маршала, д. 23, г. Москва, 121359, Российской Федерации

² ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ул. Погодинская, д. 10, стр. 1, г. Москва, 119121, Российской Федерации

³ ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора, территория «Квартал А», д. 24, Московская обл., г. о. Серпухов, п. Оболенск, 142279, Российской Федерации

Резюме

Введение. Исследования свободно живущих простейших охватывают широкий спектр тем благодаря своей простоте и разнообразию форм и функций в поддержании экосистемного баланса в составе микробиомов водоемов, почвы и микробиоты человека.

Цель исследования: научное обоснование мониторинга циркуляции свободноживущих одноклеточных организмов природных биоценозов для актуализации совершенствования российской научно-методической базы исследований.

Материалы и методы: Проведены санитарно-гигиенические, биологические и паразитологические исследования образцов из окружающей среды: 126 проб сточной и 360 – поверхностной, 30 – водопроводной воды, 210 – донных отложений, 189 – почвы и 300 образцов кала от человека, отобранных на территории Московского региона (2021–2023 гг.).

Результаты. Протозойный индекс на протяжении речного стока р. Москвы менялся от нуля до 4,8 ед./мл³ на фоне превышения предельно допустимых концентраций суммарного содержания хлоридов (Cl⁻); в 11 видах инфузорий определены нуклеиновые кислоты вирусов; содержание *Cryptosporidium spp.*, *Entamoeba spp.* составило до 4 lg, *Blastocystis spp.*, *Entamoeba spp.* – до 6 lg. Загрязненность водопроводной воды цистами *Lamblia spp.* составила 3,2 %. В почвах промышленной зоны содержание свободноживущих простейших было в 2,1 раза больше, чем в парковой, в 3,2 раза – в жилой ($p = 0,0372$). Получены новые данные о влиянии комменсальных амеб *Entamoeba spp.* на изменения интестинальной микробиоты по типу активации роста 5 видов оппортунистических бактерий.

Заключение. В работе определены перспективные направления санитарной (экологической) протистологии в рамках совершенствования научно-методической базы для фундаментального изучения закономерностей симбиотических связей свободноживущих простейших в природной среде и во взаимосвязи с медицинскими аспектами прикладных исследований.

Ключевые слова: свободноживущие простейшие, водный и почвенный биоценоз, урбанизированные территории, дисбиоз протозойной этиологии, санитарно-экологическая протистология.

Для цитирования: Кузнецова К.Ю., Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Герасимов В.Н., Мальцев В.В., Петрова С.А. Научное обоснование популяционного мониторинга сообщества свободноживущих простейших природных биотопов. Часть 2 // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 4. С. 78–85. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-78-85

Scientific Substantiation of Population Monitoring of Free-Living Protozoan Community in Natural Biotopes: Communication 2

Kamalya Y. Kuznetsova,¹ Yuriy A. Rakhmanin,² Rufina I. Mikhailova,² Vladimir N. Gerasimov,³ Vadim V. Maltsev,¹ Svetlana A. Petrova¹

¹ Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation, 23 Marshal Timoshenko Street, Moscow, 121359, Russian Federation

² Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Bldg 1, 10 Pogodinskaya Street, Moscow, 119121, Russian Federation

³ State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology, 24 “Quarter A” Territory, Obolensk Settlement, Serpukhov City District, Moscow Region, 142279, Russian Federation

Summary

Introduction: Studies of free-living protozoa cover a wide range of topics owing to their simplicity and variety of forms and functions in maintaining ecosystem balance in the microbiomes of reservoirs, soils, and human microbiota.

Objective: To provide a scientific rationale for monitoring the circulation of free-living unicellular organisms of natural biocenoses in order to update and improve the Russian scientific and methodological research basis.

Materials and methods: We conducted sanitary and hygienic, biological and parasitological studies of environmental samples, including 126 samples of wastewater and 360 samples of surface water, 30 samples of tap water, 210 samples of bottom sediments, 189 soil samples, and 300 samples of human feces taken in the Moscow Region in 2021–2023.

Results: The protozoan index along the Moscow River ranged from null to 4.8 units/mL³ against the excessive total chloride level (Cl⁻); nucleic acids of viruses were determined in 11 types of ciliates; the contents of *Cryptosporidium spp.* and *Lamblia spp.* reached 4 lg and those of *Blastocystis spp.* and *Entamoeba spp.* were up to 6 lg. Contamination of tap water with cysts of *Lamblia spp.* was 3.2 %. The soil content of free-living protozoa in industrial areas was 2.1 times higher than in parks and 3.2 times higher than in residential areas ($p = 0.0372$). New data have been obtained on the effect of commensal amoebae *Entamoeba spp.* on changes in intestinal microbiota by the type of growth activation of five species of opportunistic bacteria.

Conclusion: The paper outlines promising areas of sanitary (environmental) protistology within improvement of the scientific and methodological basis for the fundamental research into patterns of symbiotic relationships of free-living protozoa in the natural environment and in connection with medical aspects of applied research.

Keywords: free-living protozoa, aquatic and soil biocenosis, urban territories, dysbiosis of protozoal etiology, environmental protistology.

Cite as: Kuznetsova KY, Rakhmanin YA, Mikhailova RI, Gerasimov VN, Maltsev VV, Petrova SA. Scientific substantiation of population monitoring of free-living protozoan community in natural biotopes: Communication 2. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(4):78–85. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-4-78-85

Введение. Основные стратегии в области охраны природы и биологического разнообразия определены в новом обзорном докладе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о природе, биологическом разнообразии и здоровье¹. В качестве первого предписания в программном заявлении ВОЗ подчеркивает обеспечение охраны и сохранения природы как основы здоровья человека. В концепции «Единое здравоохранение», одобренной ВОЗ и другими международными учреждениями, признается, что множество одних и тех же видов микробов заражают животных и людей ввиду их сопутствования в одной экосистеме, представлен под подход к разработке и реализации программ, политики, законодательства и научных исследований, при котором межсекторальное и междисциплинарное взаимодействие обеспечивает совместную работу для достижения лучших результатов в области общественного здравоохранения.

Отсутствие описи свободноживущих простейших в базе государственного мониторинга, а также фрагментарность научных сведений не позволяют в полной мере оценить географическую распространённость, количественный и видовой состав перечисленных простейших в среде обитания человека, почвенных и водных биотопах разных климатических зон, изучить их привязанность к эпидемиологическим процессам на территории Российской Федерации. Набор хозяев и географический ареал разных видов паразитов требуют проверки с использованием молекулярных методов [1–4].

Современные данные о формах эндосимбиоза в симбиотических ассоциациях природных биотопов рассматривают метаболический профиль клетки свободноживущих простейших в качестве эпидемиологического фактора, обеспечивающего условия накопления и формирования / утраты патогенности различных условно-патогенных бактерий. Основываясь на признании эволюционно сохраненной целостности и непрерывности процессов клеточного размножения и деления, амебы рассматривают в качестве универсальных моделей в исследованиях [5–10].

В экспериментальных работах доказано, что вирулентные штаммы *L. pneumophila*, *Y. pestis*, *Mycobacterium bovis* могут противостоять фагоцитозу простейшими [11]. А покоящиеся формы сальмонелл и листерий длительно, до 16 недель,

сохранялись в цистах инфузорий, возбудители чумы и псевдотуберкулеза – в цистах почвенных амеб [12, 13]. Рахлеева А.А., Корганова Г.А. (2005) на основе суммарного учета видового и количественного разнообразия только трофозоитов почвенных раковинных амеб (раковинок с живыми клетками либо цистами и пустых) определяли области, испытывающие наивысшую антропогенную нагрузку на микробную биоту [14, 15].

Значительное количество исследований посвящены трансбарьерной функции протист, жизнеспособных и инактивированных, и с высокой ответственностью нацелено на пристальное внимание к обеспечению безопасности воды. Согласно научным данным, в системах питьевого водоснабжения дремлющие цисты амеб защищают внутриклеточные бактерии при дезинфекции питьевой воды [16].

Цель исследований – научное обоснование мониторинга циркуляции свободноживущих одноклеточных организмов природных биотопов для развития научно-методической базы исследований в России.

Материалы и методы. Проведены эпидемиологический, аналитический и статистические анализы, а также теоретическое обобщение результатов санитарно-гигиенических и паразитологических исследований образцов из окружающей среды: 126 проб сточной и 360 – поверхностной, 30 – водопроводной воды, 210 – донных отложений, 189 – почвы и 300 образцов кала от человека. Исследования проводились с применением унифицированных методов в соответствии с МУК 4.2.2661–10², МУК 4.2.1884–04³, МУК 4.2.3145–13⁴. Для подсчета вегетативных и цистных форм свободно живущих простейших применялся разработанный метод количественного определения протозойного индекса водоемов [17].

Выделение нуклеиновых кислот осуществлялось с использованием набора Allprep DNA/RNA mini kit (Qiagen) согласно инструкции производителя в ПЦР-анализе. Секвенирование библиотек было проведено на секвенирующей платформе MiSeq (Illumina) с использованием набора реагентов MiSeq Reagent Kit v2 (500-cycles) (Illumina) в режиме парноконцевого чтения.

Санитарно-гигиеническая характеристика почв разных функциональных зон г. Москвы определялась распределением химических соединений в подвижной

¹ WHO. The policy relevance of nature, biodiversity and health to WHO's global and regional agenda.[Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://who-sandbox.squiz.cloud/ru/health-topics/environment-and-health/urban-health/activities/the-policy-relevance-of-nature,-biodiversity-and-health-to-whos-global-and-regional-agenda> (дата обращения: 10.10.2024).

² Методические указания МУК 4.2.2661–10 «Методы санитарно-паразитологических исследований» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.07. 2010).

³ Методические указания МУК 4.2.1884–04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водоемов» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 03.03.2004).

⁴ Методические указания МУК 4.2.3145–13 «Лабораторная диагностика гельминтозов и протозоозов» (утв. Врио Главного государственного санитарного врача РФ 26.11.2013).

и валовой форме («п.» – подвижные формы, представлены кислоторастворимыми и ацетатно-аммонийными растворимыми соединениями; «вал.» – форма элемента в почве в поглощенном состоянии в виде нерастворимых или труднорастворимых соединений)⁵: Pb п. ($P = 0,0036$), Pb вал. ($P = 0,0009$), Znп. ($P < 0,0001$), Zn вал ($P < 0,0001$), P_2O_5 ($P = 0,0121$), бензапирен ($P = 0,0002$); Cu п. ($P = 0,0054$); Cu вал ($P < 0,0001$), Ni вал ($P = 0,6154$), As вал ($P = 0,1758$), органические вещества ($P = 0,9908$), а также расчетным способом – по уровню суммарного химического загрязнения (СХЗ). Показатели СХЗ почв разных функциональных зон мегаполиса были ранжированы по группам «слабое» (от 0 до 3 типов хим. веществ), $p < 0,0001$, «среднее» (от 4 до 6 типов хим. веществ), $p = 0,0002$, «сильное» (от 7 и выше типов хим. веществ), $p = 0,002$. Уровни суммарного химического загрязнения в функциональных зонах имели статистически значимые различия в группах «слабое» ($p = 0,0002$), «среднее» (0,0018), «сильное» ($p = 0,0001$).

Оценка распределения СХЗ в почвах функциональных зон проводилась отдельно в жилой, парковой, промышленной зонах.

Влияние химического загрязнения на количественные и качественные изменения компонентов почвенного микробиоценоза охарактеризовано на основе статистической обработки массива данных. Статистические различия между аналитическими группами установлено по методу Краскела – Уоллиса.

Количественные и качественные изменения кишечной микробиоты определялись по 52 видам

бактериальной микрофлоры в трех группах наблюдений с различными титрами колониеобразующих единиц: «КОЕ 0–10³»; «КОЕ 10³–10^{max}»; «КОЕ 10^{max}». Попарное сравнение данных в ранжированных группах бактериальной микрофлоры кишечника позволило определить различия в тенденциях развития деструкции бактериальной микробиоты в группах – инвазированных и контрольной – лиц без инвазии кишечными формами протист.

Отбор и лабораторные исследования проведены на базе испытательных лабораторий ФГБУ «ЦСП» (2021 г.) и ФГБУ «Центр госсанэпиднадзора» (2023 г.).

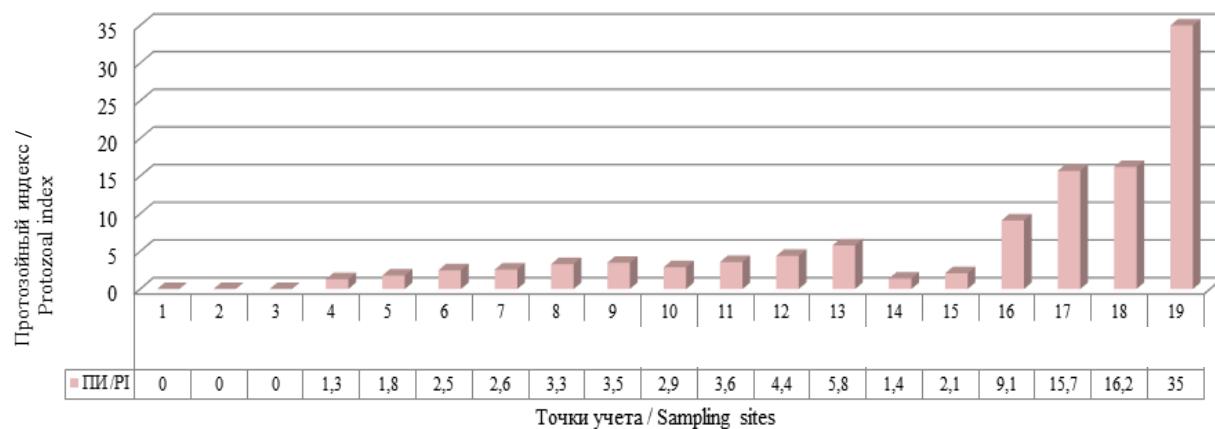
Систематизация и статистическая обработка первичного материала проводилась методом машинной обработки с применением пакета программ Statistica 10 и SPSS ($p \leq 0,05$).

Ограничения исследования связаны с неразработанностью видового определения обнаруженных свободно живущих простейших.

Результаты

Водные объекты. Интенсивное развитие гигиенических и медико-экологических исследований значительно расширило знания о влиянии водного фактора на здоровье человека. Медико-экологические подходы к управлению водными ресурсами предполагают использование активных приемов улучшения экологических и социальных условий жизни населения [19].

Количественный учет водных простейших проводился по протозойному индексу (ПИ). В зависимости от особенностей природной и антропогенной характеристики местоположения водного объекта



р. Москва / Moscow River	1	в черте Одинцово	within Odintsovo	р.Сходня / Skhodnya River	11	в черте МКАД	in the Moscow Ring Road
	2	Савинская наб.	Savinskaya Emb.		12	в черте Тушино	within Tushino
	3	Краснопресненская наб.	Krasnopresnenskaya Emb.		13	в черте Строгино	within Strogino
	4	Фрунзенская наб.	Frunzenskaya Emb.	р.Сетунь / Setun River	14	Сколовское ш.	Skolovskoe Ave.
	5	Москворецкая наб.	Moskvoretskaya Emb.		15	1-я Чоботовская алл.	1st Chobотовская Alley
	6	Краснохолмская наб.	Krasnokholmskaya Emb.		16	Староорловская ул.	Staroorlovskaya St.
	7	Лужнецкая наб.	Luzhnetskaya Emb.		17	Бережковская ул.	Berezkovskaya St.
	8	Шелепихинская наб.	Shelepkhinskaya Emb.		18	Пудовкина ул.	Pudovkin St.
	9	Котельническая наб.	Kotelnicheskaya Emb.	Б. Новодевичий пруд / Big Novodevichy Pond	19	Новодевичий пр-д, 1	1, Novodevichy Drive
	10	Серебряническая наб.	Serebryanicheskaya Emb.				

Рис. 1. Протозойный индекс разных участков водных объектов Московского региона (апрель 2019 г.)

Fig. 1. Protozoa index of different sites of water bodies of the Moscow Region (April 2019)

⁵ Экология почв. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/ekologiya-pochv-1860d1> (дата обращения: 16.12.2024).

протозойный индекс микрозообентоса в точках наблюдения на протяжении речного стока имел биоэкологические отличия (рис. 1).

Протозойный индекс на протяжении речного стока р. Москвы менялся от нуля до 4,8 ед./мл³ на фоне превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) суммарного содержания хлоридов (Cl^-) – более 350 мг/дм³. На р. Сходне ПИ сохранялся в относительно стабильных значениях (от 3,5 до 5,8 ед./100 мл³). Превышение ПДК ПАВ (> 0,5 мг/дм³) отмечалось на р. Сетуни в двух точках, соответствующих графическим данным со значениями ПИ 1,4 и 2,1 ед./100 мл³. На р. Сходне на всем протяжении речного стока в исследуемых границах, где ПДК ПАВ были в диапазоне нормы, ПИ составил 9,1; 15,7 и 16,2 ед./100 мл³.

Показано, что в летний период ПИ микрозообентоса Б. Новодевичьего пруда составил 35, в осенний (октябрь) – 3,8 ед./100 мл³ и значительно устойчив к понижению температуры воды до +5 °С.

Таким образом, в зависимости от типа химического загрязнения специфические изменения ПИ как чувствительной тестовой системы позволяют определить токсическое действие химических поллютантов в пределах границ загрязнения, а возможность расширенных исследований, в том числе экспериментальных, – взаимосвязь ПИ от типа и дозы действующего вещества.

При секвенировании выделенных из поверхностных вод *Protozoa* в достаточном количестве образцов было обнаружено 11 видов свободноживущих простейших, тип инфузории, не относящихся к условным патогенам человека (рис. 2).

Исследования на наличие нуклеиновых кислот вирусов, изолированных из одноклеточных простейших / инфузорий, выявили перечень вирусов, способных заражать протисты водоемов (рис. 3).

Как видно из графических данных, отсутствие четкой зависимости их распределения в водах выше и ниже спуска очищенных вод на р. Москве показывает их постоянное и стабильное присутствие в водной

биоте, в том числе после технологической очистки вод. Выявленные явления свидетельствуют о наличии постоянно действующего и эпидемиологически значимого факторного компонента и относятся к области контроля в системе доэпидемического мониторинга водных объектов.

Содержание известных патогенов на этих наблюдательных точках оставалось высоким до 4 Ig: *Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.*, а также «не учитываемых» в системе государственного мониторинга – *Blastocystis spp.*, *Entamoeba spp.* – до 6 Ig. Загрязненность водопроводной воды цистами *Giardia spp.* составила 3,2 %. Эти данные являются дополнительным подтверждением низкой эффективности существующих технологий промышленной дезинвазии вод для водопользования населением и риска их заражения.

Почва. Санитарно-экологическая оценка почвенной биоты основана на данных сравнительного анализа долевого распределения бактерий и свободноживущих простейших в составе почвенных микроорганизмов в разных функциональных зонах и при разных уровнях суммарной химической нагрузки на них (г. Москва). Показатель pH почв на период проведения исследований был в диапазоне слабокислой среды – на уровне 6,78 в парковой, 6,64 – жилой зонах, и щелочной – в промышленной зоне (7,48), $p = 0,03$.

Статистически значимые различия распространенности почвенных микроорганизмов находились на уровне «слабое» суммарное химическое загрязнение и характеризовали снижение КОЕ общего микробного числа: от $2,5 \times 10^5$ в парковой и $2,0 \times 10^5$ – в жилой зонах до $1,8 \times 10^5$ – в промышленной зонах. Видовой состав бактериальной и грибковой биоты не определялся.

Вместе с тем сравнительный анализ инфраструктурного состава почвенного микробиоценоза позволил установить прямую корреляцию с количественным содержанием свободноживущих простейших. Их содержание в почвах промышленной

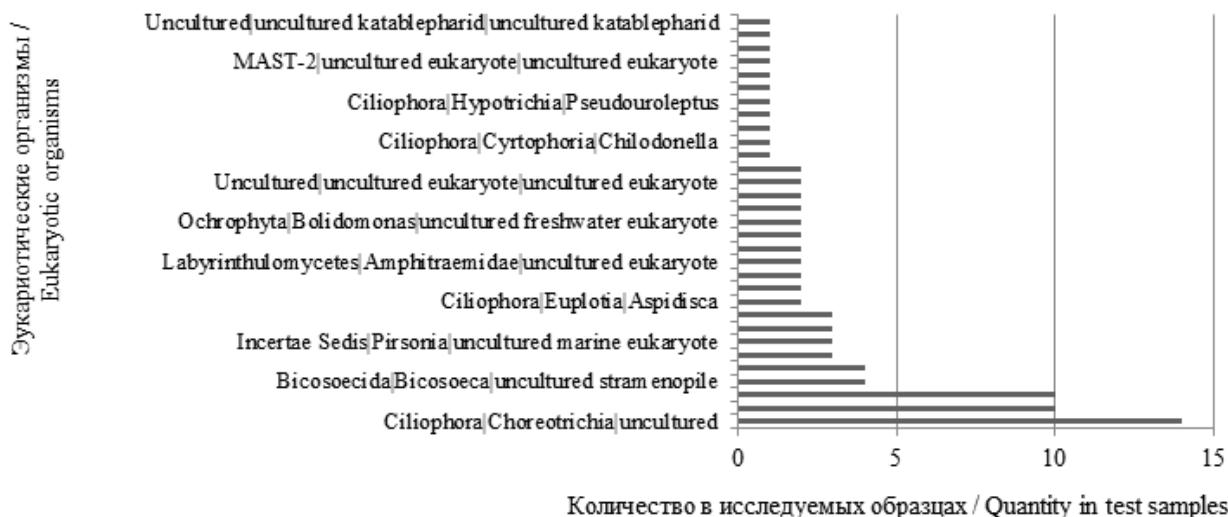
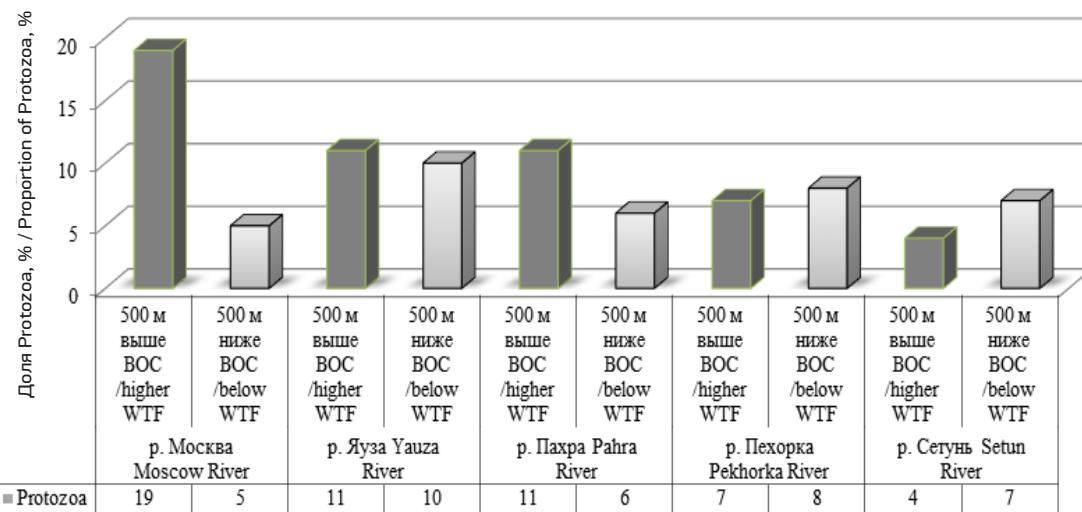


Рис. 2. Частота выявления образцов ДНК или РНК *Protozoa* в поверхностных водах притоков и р. Москва
Fig. 2. Frequency of detection of *Protozoa* DNA or RNA samples in surface waters of tributaries and the Moscow River



Условные обозначения: ВОС – водоочистные сооружения.

Abbreviation: WTF, water treatment facilities.

Рис. 3. Доля Protozoa, из которой изолированы вирусы разных видов (р. Москва), %

Fig. 3. Proportion of Protozoa from which viruses of different species were isolated (Moscow River), %

зоны статистически значимо было в 2,1 раза больше, чем в парковой, в 3,2 раза – в жилой ($p = 0,0372$). Риск-расчет частоты встречаемости почвенных СЖП показывает его усиление до 75,0 % при наличии грибов с высокими титрами ($KOE > 5 \times 10^3$).

Загрязнения патогенными яйцами гельминтов отмечались высоким содержанием в парковой (50 %) и жилой (43,5 %) зонах, наименьшее – в промышленной (16,7 %). С учетом локального и непостоянного характера этих загрязнений закономерности их распределения на территориях функциональных зон не установлены ($p = 0,0372$).

Кишечная микробиота. Исследования количественного и качественного изменений кишечной микробиоты при бессимптомном носительстве *Blastocystis spp.* и *Entamoeba spp.* в сравнительных группах, в которых отсутствовала протозойная инвазия, позволили установить значительную деструкцию симбиотической микрофлоры, а также разные «мишени поражения» бактериальной биоты в зависимости от вида одноклеточных организмов [23]. Получены новые данные о влиянии комменсальных амеб *Entamoeba spp.* на изменения бактериального состава интестинальной микробиоты по типу активации роста отдельных видов бактерий. Так, на основе статистической обработки большого объема данных KOE бактерий был выше на 13,6 % – «*Enterococcus faecalis* $KOE 10^7$ и более» ($P = 0,0381$); 33,3 % – «*Bacteroides fragilis* $KOE 10^5$ и более» ($P = 0,0415$); 45,0 % – «*Streptococcus galloyticus* $KOE 10^5$ и более» ($P = 0,0297$); 52,7 % – «*Raoultella ornithinolytica* $KOE 10^5$ и более» ($P = 0,0488$); 59,0 % – «*Morganella morganii* $KOE 10^5$ и более» ($P = 0,0067$).

Обсуждение. Исходное положение наших исследований основано на развитии социально-экологической концепции об организации эпидемиологического контроля детерминантных факторов по типу, частоте и продолжительности воздействия

и изучению «генетико-биохимических механизмов, обеспечивающих адаптацию сапронозов к абиотическим факторам окружающей среды»⁶. Протозойный состав микрообентоса занимает первую ступень трофических связей и определяет устойчивое функционирование биологической системы на био- и экосистемном уровне [18]. Данная гигиеническая оценка процессов взаимодействия одноклеточных простейших, бактерий и грибов в биоценозе водных и почвенных экосистем урбанизированных территорий и их влияния на симбиотическую микрофлору кишечника у бессимптомных носителей протист с разной выраженностью их патогенности.

На основе примененных комплексных исследований описано более 11 видов свободноживущих простейших в поверхностных водах Московского региона в контрольных точках государственного мониторинга водных объектов. Впервые установлено наличие нуклеиновых кислот вирусов, изолированных из СЖП. Количественный учет с применением протозойного индекса показал значительные его различия на речном стоке на фоне разных уровней суммарной химической нагрузки, и в связи с неизученностью данной области исследований составляет перспективное направление санитарно-экологического мониторинга и оценки.

На основании полученных данных показано формирование низких колониообразующих бактерий почвенных биоценозов урбанизированных территорий (г. Москва) на фоне повышения суммарной химической нагрузки. При этом содержание СЖП в этих условиях имеет более устойчивую конструкцию, возможно, обусловленную ассоциативными связями с почвенными грибами. Полагаем, что полученные данные в определенной степени соотносятся с результатами ПЦР-исследований взаимосвязей грибов и грибообразных протист и имеют «решающее значение для понимания механизмов

⁵ Сергеевин В.И. Некоторые теоретические и практические проблемы предэпидемической диагностики инфекционных болезней // Медицинский альманах. 2016. № 3(43). С. 133–135.

формирования стабильных, сбалансированных отношений не только в сложных микробных ассоциациях» [19].

В городской среде в связи с преобладанием «опасной» степени загрязнения почвы в жилой зоне и различным набором и уровнями химических загрязнителей для населения формируется постоянная зона риска высокой заболеваемости [20, 21].

Полученные данные сопоставимы с результатами крупного исследовательского проекта на территории Азербайджана [22].

Получены данные об изменениях интестинальной микробиоты отдельных групп населения при подпороговом уровне заражения одноклеточными организмами, циркулирующие в природных биотопах, что относится к скрытым биологическим угрозам здоровью населения [23]. Также получены дискуссионные данные о комменсальных простейших кишечной группы *Entamoeba* и установлено их влияние на симбиотический состав кишечной нормобиоты человека. Выявленные изменения микробиоты при наличии одноклеточных простейших сем. *Entamoeba* с отдельными видами условно-патогенных бактерий определяют новый взгляд на «комменсализм – форму симбиотических связей, при которых комменсал не вступает с другими видами биоты в тесные взаимоотношения», и открывает новый вектор исследований на основе использования современных мультикомплексных лабораторных методов [24]. На значительном статистическом материале подтверждено, что бессимптомное носительство простейших (патогенных и непатогенных), имеющих этиологическую связь с их циркуляцией в окружающей среде, является сильным биогенным детерминантом развития деструктивных изменений целостной структуры симбиотической микробиоты у «практически здорового контингента» населения.

Заключение. Для научного обоснования популяционного мониторинга одноклеточных организмов природной среды и микробиоты человека и на основе выборочных исследований объектов природной среды в работе установлены взаимосвязи, сопряженные с изменениями окружающей и внутренней среды человека. Обоснована важность популяционного мониторинга одноклеточных организмов как биогенного резервуара, ценотические изменения в которых влияют на здоровье населения, и их исследование в рамках реализации задач по укреплению национального общественного здоровья и необходимости методического совершенствования наблюдательной системы и развитием междисциплинарного взаимодействия.

В работе определены перспективные направления санитарной (экологической) протистологии в рамках совершенствования научно-методической базы для фундаментального изучения закономерностей симбиотических связей СЖП в природной среде и во взаимосвязи с медицинскими аспектами прикладных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гапека А.В., Татонова Ю.В., Щелканов М.Ю. Применение мультиплексной ПЦР для выявления трематоды *Metorchis ussuriensis* в рыбной продукции // Материалы

XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах. Пермь, 2024. С. 283–289.

- Vlasenkov SA, Shchelkanov MYu, Sokolov SG. Morphological and molecular characterisation of the nematode *Pelecitus fulicaeatrae* (Diesing, 1861) (Chromadorea: Onchocercidae) from the type host *Fulica atra* Linnaeus, 1758 (Aves: Rallidae). *Russian Journal of Nematology*. 2024;32(2):143–151. doi: 10.24412/0869-6918-2024-2-143-151
- Shumenko P, Tatonova Yu, Shchelkanov M. Body surface ultrastructure as a main morphological criterion for distinguishing adult trematode *Metagonimus suisunensis*. *Biology*. 2024;13(11):942. doi: 10.3390/biology13110942
- Vainutis KS, Voronova AN, Andreev ME, Shchelkanov MYu. New insights into the systematics of Cyclocoelidae (Trematoda: Echinostomatoidea) based on novel morphological and molecular data, with description of a new species and a new genus. *Syst Parasitol*. 2024;101(6):71. doi: 10.1007/s11230-024-10192-x
- Tabakaeva TV, Belov YuA, Shchelkanov EM, et al. Helminth infection in wild boars in Primorye, Russia. *Int J Parasitol Parasites Wildl*. 2024;24:100927. doi: 10.1016/j.ijppaw.2024.100927
- Izrailevskaya AV, Besprozvannykh VV, Shchelkanov MYu. *Diplostomum cf. vanelli* Yamaguti, 1935 (Trematoda: Diplostomidae Poirier, 1886): Morpho-molecular data and life cycle. *Diversity*. 2024;16(5):286. doi: 10.3390/d16050286
- Kalinina KA, Besprozvannykh VV, Tatonova YV, Shchelkanov MY. Molecular data for short-tailed echinostasmids (Trematoda). In: *National Scientific Papers Contest in English (with International Participation)*, Vladivostok, May 15–20, 2024. Vladivostok; 2024:26–27.
- Щелканов М.Ю., Калинина К.А., Татонова Ю.В. Особенности вторичной структуры спейсерного участка рДНК ITS2 у трематод надсемейства Echinostomatoidea. 14-я Международная Мультиконференция «Биоинформатика регуляции и структуры геномов / системная биология» (Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology, BGRS/SB-2024), 2024. г. Новосибирск. Электронная версия сборника https://bgrssb.icgbio.ru/2024/wp-content/uploads/sites/4/2024/09/BGRSSB_2024_Abstracts.pdf (дата обращения: 08.05.2024).
- Табакаева Т.В., Галкина И.В., Табакаев А.В., Щелканов М.Ю. Антропозоонозные паразитозы собак и кошек в городской экосистеме Владивостока // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19. № 2. С. 17–24. doi: 10.18470/1992-1098-2024-2-2
- Израильская А.В., Татонова Ю.В., Щелканов М.Ю. Морфологические и молекулярные особенности *Diplostomum vanelli* (Trematoda: Diplostomidae) в ветеринарном надзоре // Журнал инфектологии. 2024. Т. 16. № 2S. С. 46–47.
- Пушкарева В.И. Паразитизм в простейших как стратегия существования патогенных бактерий в почвах и водоемах // Успехи современной биологии. 2006. № 4. С. 323–333.
- Пушкарева В.И., Ермолова С.А., Литвин В.Ю. Патогенные листерии и почвенные простейшие: сопряженность жизненных циклов // Успехи современной биологии. 2008. № 3. С. 245–251.
- Никульшин С.В., Онацкая Т.Г., Луканина Л.М. и др. Изучение ассоциаций почвенных амеб *Gartmannella rhysoodes* с бактериями – возбудителями чумы и псевдотуберкулеза в эксперименте // Журнал микробиологии. 1992. № 9. 10. С. 2–4.
- Рахлеева А.А., Корганова Г.А. К вопросу об оценке численности и видового разнообразия раковинных амеб

- (*Rhizopoda, Testacea*) в таежных почвах. *Зоологический журнал*. 2005. Т. 84. № 12. С. 1427–1436.
15. He Z, Wang L, Ge Y, et al. Both viable and inactivated amoeba spores protect their intracellular bacteria from drinking water disinfection. *J Hazard Mater*. 2021;417:126006. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.126006
 16. Рахманин Ю.А. Бобровницкий И.П. Научные и организационно-методологические основы медицины окружающей среды как нового направления профилактического здравоохранения. *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96. № 10. С. 917–921. doi:10.18821/0016-9900-2017-96-10-917-921
 17. Kuznetsova KY, Zelya OP, Zhnakina ZV, Maniya TR. Problems of parasitic safety evaluation of water in sources used by population. *Periodico Tche Quimica*. 2019;16(31):558–564. doi: 10.52571/PTQ.v16.n31.2019.564_Periodico31_pgs_558_564.pdf
 18. Брико Н.И., Шкарин В.В. Современный взгляд на эволюцию понятия "эпидемиология". Аналитический обзор // Вестник Российской академии медицинских наук. 2021. Т. 76, № 2. С. 221–230. doi: 10.15690/vramn1500. EDN МЕННВJ.
 19. Новожилов Ю.К., Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф., Щепин О.Н., Азаров Д.В., Змитрович И.В., Волобуев С.В., Коваленко А.Е. // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2016. Т. 8. № 2. С. 202–215.
 20. Водянова М.А., Крятов И.А., Донерьян Л.Г. [и др.] Биологические показатели в системе мониторинга урбанизированных почв // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1091–1096. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096
 21. Еркина Н.В. Влияние техногенного загрязнения урбосреды на показатели жизненности городской биоты (пресноводной малакофауны, почвенной мезофауны, эпифитной лихенофлоры) // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2016. № 3. С. 73–80.
 22. Алекперов И.Х., Тагирова Э.Н. Свободноживущие простейшие пресных вод и почв Северо-Восточного Азербайджана // Амурский зоологический журнал, 2021. Т. XIII. № 4. С. 485–504. doi: 10.33910/2686-9519-2021-13-4-485-504
 23. Кузнецова К.Ю., Сергиев В.П., Кузнецова М.А., Асланова М.М., Загайнова А.В., Федец З.Е., Ковальчук М.В. Дисбиотические изменения кишечника при воздействии экзогенных биологических детерминантов // Здравоохранение Российской Федерации. 2023. Т. 67. № 2. С. 172–181.
 24. Карпееева Е.А., Ильина Н.А., Красноперова Ю.Ю. Частота встречаемости генов патогенности при сокультивировании *Escherichia coli* с простейшими *Blastocystis hominis* // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2015. №1(34). С. 47–54.

REFERENCES

1. Gapeka AV, Tatonova YuV, Shchelkanov MYu. [Application of multiplex PCR to detect trematode *Metorchis ussuriensis* in fish products.] In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 15–16, 2024*. Perm: Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; 2024:283–286. (In Russ.)
2. Vlasenkov SA, Shchelkanov MYu, Sokolov SG. Morphological and molecular characterisation of the nematode *Pelecitus fulicaeatrae* (Diesing, 1861) (Chromadorea: Onchocercidae) from the type host *Fulica atra* Linnaeus, 1758 (Aves: Rallidae). *Russian Journal of Nematology*. 2024;32(2):143–151. doi: 10.24412/0869-6918-2024-2-143-151
3. Shumenko P, Tatonova Yu, Shchelkanov M. Body surface ultrastructure as a main morphological criterion for distinguishing adult trematode *Metagonimus suisunensis*. *Biology*. 2024;13(11):942. doi: 10.3390/biology13110942
4. Vainutis KS, Voronova AN, Andreev ME, Shchelkanov MYu. New insights into the systematics of Cyclocoelidae (Trematoda: Echinostomatoidea) based on novel morphological and molecular data, with description of a new species and a new genus. *Syst Parasitol*. 2024;101(6):71. doi: 10.1007/s11230-024-10192-x
5. Tabakaeva TV, Belov YuA, Shchelkanov EM, et al. Helminth infection in wild boars in Primorye, Russia. *Int J Parasitol Parasites Wildl*. 2024;24:100927. doi: 10.1016/j.ijppaw.2024.100927
6. Izrailskaia AV, Besprozvannykh VV, Shchelkanov MYu. *Diplostomum cf. vanelli* Yamaguti, 1935 (Trematoda: Diplostomidae Poirier, 1886): Morpho-molecular data and life cycle. *Diversity*. 2024;16(5):286. doi: 10.3390/d16050286
7. Kalinina KA, Besprozvannykh VV, Tatonova YV, Shchelkanov MY. Molecular data for short-tailed echinocasmids (Trematoda). In: *National Scientific Papers Contest in English (with International Participation), Vladivostok, May 15–20, 2024*. Vladivostok; 2024:26–27.
8. Kalinina KA, Tatonova YV, Shchelkanov MY. Features of the secondary structure of the ITS2 rRNA spacer region of trematodes from the superfamily Echinostomatoidea. In: *Bioinformatics of Genome Regulation and Structure / Systems Biology: Proceedings of the 14th International Multiconference, Novosibirsk, August 5–10, 2024*. Novosibirsk: ICG SB RAS; 2024. (In Russ.) Accessed August 5, 2024. https://bgrssb.icgbio.ru/2024/wp-content/uploads/sites/4/2024/09/BGRSSB_2024_Abstracts.pdf
9. Tabakaeva TV, Galkina IV, Tabakaev AV, Shchelkanov MYu. Anthropozoonotic parasitoses of dogs and cats in the urban ecosystem of Vladivostok, Russia. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitiye*. 2024;19(2):17–24. doi: 10.18470/1992-1098-2024-2-2
10. Izrailskaia AV, Tatonova YuV, Shchelkanov MYu. [Morphological and molecular features of *Diplostomum vanelli* (Trematoda: Diplostomidae) in veterinary supervision.] *Zhurnal Infektologii*. 2024;16(2 S2):46–47. (In Russ.)
11. Pushkareva VI. Parasitism in protozoa as a strategy for existence of pathogenic bacteria in soils and water bodies. *Uspekhi Sovremennoy Biologii*. 2006;126(4):323–333. (In Russ.)
12. Pushkareva VI, Ermolaeva SA, Litvin VYu. [Pathogenic listeria and soil protozoa: Conjugacy of life cycles.] *Uspekhi Sovremennoy Biologii*. 2008;(3):245–251. (In Russ.)
13. Nikulshin SV, Onatskaya TG, Lukanina LM, et al. [The study of associations between soil amoebas *Gartmannella rhysoidea* and bacteria – pathogens of plague and pseudotuberculosis in an experiment.] *Zhurnal Mikrobiologii*. 1992;(9-10):2-4. (In Russ.)
14. Rakhleeva AA, Korganova GA. To the estimation of shell amoebas (*Rhizopoda, Testacea*) population and species diversity in taiga soils. *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2005;84(12):1427–1436. (In Russ.)
15. He Z, Wang L, Ge Y, et al. Both viable and inactivated amoeba spores protect their intracellular bacteria from drinking water disinfection. *J Hazard Mater*. 2021;417:126006. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.126006
16. Rakhmanin YuA, Bobrovniksky IP. Scientific and organizational-methodological bases of environmental medicine as the integrative direction of medical science and practical health care. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(10):917–921. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-917-921

17. Kuznetsova KY, Zelya OP, Zhnakina ZV, Maniya TR. Problems of parasitic safety evaluation of water in sources used by population. *Periodico Tche Quimica*. 2019;16(31):558-564. doi: 10.52571/PTQ.v16.n31.2019.564_Periodico31_pgs_558_564.pdf
18. Briko NI, Shkarin VV. Modern view on the evolution of the concept of "epidemiology". Analytical review. *Vestnik Rossijskoj Akademii Medicinskikh Nauk*. 2021;76(2):221-230. (In Russ.) doi: 10.15690/vramn1500
19. Novozhilov YuK, Malyshova VF, Malyshova YeF, et al. Hidden diversity of fungi and fungus-like protists in natural ecosystems: *Problems and prospects*. *Biosfera*. 2016;8(2):202-215. (In Russ.)
20. Vodyanova MA, Kriatov IA, Donerian LG, et al. Biological indices in the monitoring system of urbanized soils. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(11):1091-1096. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096
21. Yorkina NV. Impact of technogenic pollution of urban environment on vitality indicators of urban biota (mollusk fauna, soil mesofauna, epiphytic lichens). *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2016;71(3):177-183. doi: 10.3103/S0096392516030044
22. Alekperov IKh, Tahirova EN. Free-living protozoa of freshwater and soils of the North-East Azerbaijan. *Amurskiy Zoologicheskiy Zhurnal*. 2021;13(4):485-504. (In Russ.) doi: 10.33910/2686-9519-2021-13-4-485-504
23. Kuznetsova KYu, Sergiev VP, Kuznetsova MA, et al. Dysbiotic changes in the intestines under the influence of exogenous biological determinants. *Zdravookhranenie Rossijskoy Federatsii*. 2023;67(2):172-181. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-2-172-181
24. Karpeeva EA, Ilina NA, Krasnoperova JuJu. Frequency of occurrence of pathogenicity genes in case of coculture of *Escherichia coli* with protozoans *Blastocystis hominis*. *Pedagogiko-Psikhologicheskie i Mediko-Biologicheskie Problemy Fizicheskoy Kul'tury i Sporta*. 2015;10(1):47-54. (In Russ.) doi: 10.14526/25_2015_25

Сведения об авторах:

✉ **Кузнецова** Камалия Юнис кызы – член-корреспондент РАН, д.м.н., врач-паразитолог ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgseupr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2176-7852>.

Рахманин Юрий Анатольевич – академик РАН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки, главный научный сотрудник ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: info@cspfmba.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8014>.

Михайлова Руфина Иринарховна – д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства; e-mail: info@cspfmba.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9131>.

Герасимов Владимир Николаевич – д.б.н., главный научный сотрудник, заведующий отделом дезинфектологии ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора; e-mail: info@obolensk.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0473-7785>.

Мальцев Вадим Викторович – главный врач ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgseupr.ru.

Петрова Светлана Алексеевна – заведующий санитарно-бактериологической лабораторией ФГБУ «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора» Управления делами Президента Российской Федерации; e-mail: info@cgseupr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3890-8484>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, написание текста: **Кузнецова К.Ю., Рахманин Ю.А.**; анализ данных по разделу почвенный и водный биоценоз: **Михайлова Р.И.**; обзор литературы, подготовка текста рукописи: **Герасимов В.Н., Мальцев В.В.**; анализ данных по разделу кишечная микробиота: **Петрова С.А.** Все соавторы – утверждение окончательного варианта рукописи, ответственность за целостность всех частей рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследования одобрены решением локальной этической комиссии (протокол ФГБУ «ЦСП» ФМБА России № 3 от 2013 г.).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.12.24 / Принята к публикации: 10.04.25 / Опубликована: 30.04.25

Author information:

✉ **Kamalya Y. Kuznetsova**, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Dr. Sci. (Med.), parasitologist, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgseupr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2176-7852>.

Yuriy A. Rakhmanin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist, Chief Researcher, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks; e-mail: info@cspfmba.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8014>.

Rufina I. Mikhailova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks; e-mail: info@cspfmba.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9131>.

Vladimir N. Gerasimov, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Head of the Department of Disinfectology, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology; e-mail: info@obolensk.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0473-7785>.

Vadim V. Maltsev, Chief Medical Officer, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgseupr.ru.

Svetlana A. Petrova, Head of the Sanitary and Bacteriological Laboratory, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation; e-mail: info@cgseupr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3890-8484>.

Author contributions: study conception and design, draft manuscript preparation: **Kuznetsova K.Y., Rakhmanin Yu.A.**; soil and aquatic biocenosis data analysis: **Mikhailova R.I.**; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: **Gerasimov V.N., Maltsev V.V.**; intestinal microbiota data analysis: **Petrova S.A.** All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks (protocol No. 3 of 2013).

Funding: This research received no external funding.

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

Received: December 13, 2024 / Accepted: April 10, 2025 / Published: April 30, 2025

Памяти Людмилы Григорьевны Подуновой

Санитарно-эпидемиологическая служба Российской Федерации понесла невосполнимую утрату – 1 апреля на 89-м году жизни скончалась ученый, организатор отечественного здравоохранения, Главный врач Республикаской СЭС Минздрава РСФСР – заместитель Главного государственного санитарного врача РСФСР (1973–1996), Отличник социалистического соревнования РСФСР (1965), Отличник санитарной обороны СССР (1967); заслуженный врач РСФСР (1987), Почетный работник госсанэпидслужбы России (1995), Почетный работник Роспотребнадзора (2016), доктор медицинских наук (2000), профессор (2002) Подунова Людмила Григорьевна.

Людмила Григорьевна Подунова родилась 28 августа 1936 года в деревне Гора Холмского района Новгородской области. Во время Великой Отечественной войны ее отец ушел на фронт, а шестилетняя Людмила с младшей сестрой, мамой и бабушкой фашистами были угнаны в Прибалтику на принудительные работы у латышских фермеров и чудом не оказались в Германии (в 1995 году Правительством России Л.Г. Подуновой присвоен статус «Несовершеннолетний узник концлагерей, гетто, других мест принудительного содержания, созданных фашистами и их союзниками в период Второй мировой войны»). Вернувшись на Родину по окончании войны, окончила семилетнюю школу в деревне Дунаево Тверской области (1945–1952 гг.), получив аттестат с отличием, и поступила в Невельское фельдшерско-акушерское училище Псковской области (1952–1955 гг.) на фельдшерское отделение. Затем, с отличием окончив училище, поступила в Ленинградский санитарно-гигиенический медицинский институт (1955–1961 гг.). После окончания мединститута была распределена в Смоленскую область. Работала вначале заведующей санэпидотделом районной больницы г. Починок, затем главным врачом Починковской санэпидстанции (1961–1966 гг.). В 1966–1967 гг. – главный врач Починковского района и центральной районной больницы, с 1968 года – заместитель главного врача Смоленской областной санэпидстанции, избрана депутатом районного Совета г. Смоленска.

В 1969 году Людмила Григорьевна переехала в г. Москву, где работала вначале заведующей санитарно-гигиеническим отделом Красногвардейской районной санитарно-эпидемиологической станции (СЭС) г. Москвы, а с 1970 г. – заместителем главного врача Республикаской СЭС Минздрава РСФСР. При непосредственном руководстве и участии Людмилы Григорьевны был разработан индивидуальный проект и осуществлено строительство комплекса зданий Республикаской СЭС Минздрава РСФСР (в настоящее время – ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора).

С 1991 г. Л.Г. Подунова – первый заместитель председателя Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации, заместитель Главного государственного санитарного врача РСФСР – Главный врач Российского республиканского информационно-аналитического центра, с 1996 г. – Первый заместитель главного врача – заместитель Главного государственного санитарного врача Российской Федерации.

С именем Людмилы Григорьевны связаны яркие страницы истории санитарно-эпидемиологической службы России, отмеченные проведением реформ в



области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. 19 апреля 1991 года Верховным Советом РСФСР был принят один из первых законов социальной направленности – «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», в разработке которого принимала участие Людмила Григорьевна. При этом впервые в отечественной истории на законодательном уровне было введено регулирование общественных отношений в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения как необходимое условие реализации прав и интересов граждан и общества в сохранении и укреплении здоровья, физического развития и долголетней активной жизни людей.

Людмила Григорьевна – автор более 400 научных работ по вопросам гигиены, эпидемиологии, организации здравоохранения.

Ею разработаны концептуальные подходы по совершенствованию системы организации лабораторной деятельности учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы России на основе законодательно признанной системы аккредитации. Неоценим вклад Людмилы Григорьевны в создание библиотечно-музейного фонда Роспотребнадзора, в т. ч. виртуальных музеев.

На первом месте у Людмилы Григорьевны всегда были люди – с их знаниями, опытом, проблемами. До последнего времени она продолжала активную работу с сотрудниками научных учреждений, организаций здравоохранения и, конечно же, с ветеранами госсанэпидслужбы, оставаясь на должности врача по общей гигиене ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. Она помнила каждого – как работал, чем живет сегодня – и всегда поддерживала теплыми словами в трудную минуту.

За заслуги перед государством и многолетний добросовестный труд Указом Президента России Людмила Григорьевна награждена орденами «Знак Почета» (1981), Дружбы (1996), юбилейной медалью «70 лет победы Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», медалями «Ветеран труда» (1990), «За заслуги перед отечественным здравоохранением» (2003), «95 лет Госсанэпидслужбе России» (2017), а также ведомственными наградами Минздрава ССР, РСФСР, Госкомитета санэпиднадзора, Роспотребнадзора. Она получила почетные звания «Заслуженный врач РСФСР», «Ветеран труда», а также награждена значками «Отличник социалистического соревнования РСФСР» (1965), «Отличник санитарной обороны СССР» (1967). Награждена нагрудными знаками «Почетный работник госсанэпидслужбы России» (1995), «Почетный работник Роспотребнадзора» (2016), медалью имени академика Шицковой «За вклад в развитие гигиенической науки» (2019). Решением Совета Российской Союза бывших несовершеннолетних узников фашистских лагерей награждена памятной медалью «Непокорённые» (2011).

Для всех нас Людмила Григорьевна останется примером ученого, врача, патриота своей страны, примером беззаветного служения России в деле охраны здоровья нации, гуманиста и друга!

Мы скорбим и выражаем искренние соболезнования семье и близким Людмилы Григорьевны, ее друзьям и коллегам.

СВЕТЛАЯ ПАМЯТЬ