

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



ЗНисО

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Том 30 · 2022

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Volume 30 · 2022

№ 4

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Основан в 1993 г.

16+

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)

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 Ульрихском международном каталоге периодики (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, РГБ, Dimensions, LENS.ORG;

полные тексты научных публикаций журнала индексируются
в поисковой системе Академия Google (Google Scholar).

Москва · 2022

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

Учредитель: Федеральное
бюджетное учреждение здраво-
охранения «Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии» Фе-
деральной службы по надзору в
сфере защиты прав потребите-
лей и благополучия человека

Цель: публикация основных
результатов научных исследова-
ний и практических достижений
в области гигиены, эпидемио-
логии, общественного здоровья
и здравоохранения, медицины
труда, социологии медицины,
медико-социальной экспертизы
и медико-социальной реабили-
тации на российском и между-
народном уровне.

Задачи журнала:

- ★ Освещать новые научные
результаты, имеющие сущест-
венное значение в области
обеспечения санитарно-эпиде-
миологического благополучия
человека.
- ★ Обеспечивать обмен опытом
отечественных и зарубежных
авторитетных ученых, работаю-
щих в предметных областях
общественного здоровья и
профилактической медицины.
- ★ Создавать среду открытости
и доступности для широкого
освещения результатов научных
работ аспирантов, соискателей,
претендующих на защиту
диссертаций и получение
ученых степеней.

Для публикации в журнале:

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

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 В.Ю. Ананьев

К.м.н.; Главный врач ФБУЗ ЦГГиЭ Роспотребнадзора; доцент кафедры организации санитарно-эпидемиологической службы ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора Г.М. Трухина

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

Ответственный секретарь Н.А. Горбачева

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

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

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

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

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

П.Ф. Кику д.м.н., к.т.н., проф.; директор департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» Минобрнауки России (г. Владивосток, Российская Федерация)

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

С.В. 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.; заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Оренбург, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

В.Т. Комов д.б.н., проф.; заместитель директора по научной работе ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН» (п. Борок, Ярославская обл., Российская Федерация)

Э.И. Коренберг д.б.н., проф., акад. РАЕН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, заведующий лабораторией переносчиков инфекций ФГБУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России (г. Москва, Российская Федерация)

В.М. Корзун д.б.н.; старший научный сотрудник, заведующий зоолого-паразитологическим отделом ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Е.А. Кузьмина к.м.н.; заместитель главного врача ФБУЗ ЦГГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)

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

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

А.В. Мельцер д.м.н., доц.; проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профилактическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- М.К. Амрин к.м.н., доц.; начальник отдела медицинских программ филиала Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Инфракос» Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (МЦРИАП РК) в городе Алматы (г. Алматы, Республика Казахстан)
- К. Баждарич доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)
- 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.; приглашённый учёный (программа исследований в области органической и эволюционной биологии), Хельсинкский университет, (Финляндия), ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научно-исследовательского центра РАН (г. Петрозаводск, Российская Федерация)
- И. Томассен Cand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)
- 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)
- С.И. Сычик к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)
- 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)
- 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 30 № 4 2022
Основан в 1993 г.

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

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

Контакты редакции:

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

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

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

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

Опубликовано 29.04.2022
 Формат издания 60x84/8
 Печ. л. 10,0
 Периодичность – 12 раз в год
 Плановый тираж 1000 экз.
 Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 7–80.
 Статьи индексируются с помощью идентификатора цифрового объекта (DOI).
 Префикс DOI: 10.35627

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

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

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

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

The main objectives of the journal are:

- ✦ To highlight new scientific results that are of significant importance for securing sanitary and epidemiological wellbeing of the population;
- ✦ To ensure experience exchange between domestic and foreign scientists working in the subject areas of public health and preventive medicine;
- ✦ To create an environment of openness and to provide access to research results of postgraduates and applicants defending dissertations to obtain academic degrees.

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

EDITORIAL BOARD

Anna Yu. Popova, Editor-in-Chief

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation; Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Head of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

Cand. Sci. (Med.); Head Doctor of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Assoc. Prof. of the Department for Organization of Sanitary and Epidemiological Service, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

Galina M. Trukhina, Deputy Editor-in-Chief (Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Head of the Department of Microbiological Methods of Environmental Research, Institute of Complex Problems of Hygiene, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Moscow, Russian Federation

Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head of the Department for Educational and Editorial Activities, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vasily G. Akimkin

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Elena V. Anufrieva
(Scientific Editor)

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation

Alexey M. Bolshakov
Nina V. Zaitseva

Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation
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

Pavel F. Kiku

Dr. Sci. (Med.), Cand. Sci. (Tech.), Professor; Director of the Department of Public Health and Preventive Medicine, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok, 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 Gabrichyevsky 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; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

Nikolai I. Briko

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Vladimir B. Gurvich

Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation

Tamara K. Dzagurova

Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomyelitis), Moscow, Russian Federation

Sergey N. Kiselev

Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

Oleg V. Klepikov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Victor T. Komov

Dr. Sci. (Biol.), Professor; Deputy Director for Research, I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Yaroslavl Region, Russian Federation

Eduard I. Korenberg

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir M. Korzun

Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation

Elena A. Kuzmina

Cand. Sci. (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. 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-Neseyeva	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, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation
Alexey B. Shevelev	Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Biotechnology and Genomic Editing Group, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation
Dmitry A. Shpilev	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, N.I. Lobachevsky National Research State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Mikhail Yu. Shchelkanov	Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.; Director of G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Head of the Basic Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology with the International Research and Educational Center for Biological Safety, School of Life Sciences and Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Virology Laboratory, Federal Research Center for East Asia Terrestrial Biota Biodiversity, Vladivostok, Russian Federation
Vladimir O. Shchepin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of Research Direction, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russian Federation

FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

Meiram K. Amrin	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Head of the Department of Medical Programs, Branch Office of RSE "Infrakos" of the Aerospace Committee, Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan, in Almaty, Almaty, Republic of Kazakhstan
Ksenia Bazhdarich	PhD, Senior Researcher, Medical Informatics Department, Faculty of Medicine, University of Rijeka, Rijeka, Croatia
Vasily S. Glushanko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care with the course of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Vitebsk, Republic of Belarus
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan National 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, 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 30, Issue 4, 2022

Established in 1993

All rights reserved. Reprinting and any reproduction of materials and illustrations in printed or electronic form is allowed only with the written permission of the founder and publisher – FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор. 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

Address of the editorial office:
19A Varshavskoe Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation
FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology
E-mail: zniso@fcgje.ru
Website: <https://zniso.fcgje.ru/>
Tel.: +7 495 633-1817 Ext. 240
Fax: +7 495 954-0310

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

The journal is distributed by subscription.
"Ural-Press" Agency Catalog
subscription
index – 40682
Articles are available at <https://www.elibrary.ru>

Subscription to the electronic version of the journal at <https://www.elibrary.ru>
For advertising in the journal, please write to zniso@fcgje.ru.

Published: April 29, 2022
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 10.0
Planned circulation: 1,000 copies
Publication frequency: 12 issues per year
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2022;30(4):7–80.

Articles are assigned digital object identifiers (DOI numbers).
DOI prefix: 10.35627

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

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

- Дуйсембаева А.Н., Борщук Е.Л., Бегун Д.Н. Потерянные годы потенциальной жизни среди населения Оренбургской области в 2019–2020 гг. 7

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- Корчина Т.Я., Корчин В.И. Взаимосвязи между элементарным статусом и показателями окислительного метаболизма у жителей Ханты-Мансийского автономного округа с некачественной водоподготовкой 14

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- Шубочкина Е.И., Вятлева О.А., Блинова Е.Г. Риски ухудшения зрения и его прогрессирования у детей и подростков в современных условиях обучения и воспитания (научный обзор) 22
- Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Ивлева Г.П. Анализ охвата школьников услугами дополнительного образования и режима внешкольной деятельности в гигиеническом аспекте (по данным социологического опроса) 31
- Хусаинов А.Э., Зулкарнаев Т.Р., Агафонов А.И., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Шамсутдинова А.Ф. Уровень тревожности у студентов медицинского вуза с физической активностью разной интенсивности 39

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

- Щербakov Г.Д., Бессонов В.В. Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение первое 44
- Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е., Глиненко В.М. Вопросы безопасности травяных сборов и БАД к пище, загрязненных тропановыми алкалоидами (обзор) 54

ГИГИЕНА ТРУДА

- Долгих О.В., Дианова Д.Г., Никоношина Н.А. Врожденный и адаптивный иммунитет у работников ведущих профессий производства хлористого калия в условиях воздействия мелкодисперсной пыли 63

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

- Бородай Н.В., Несговорова А.В., Фомина В.К., Мендыгалиева А.К., Батурин А.А., Антонов А.С., Авдюшева Е.Ф., Молчанова Е.В., Никитин Д.Н., Путинцева Е.В. Обнаружение вируса Западного Нила в зимующих комарах на территории Волгоградской области 70

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

- К 180-летию со дня рождения профессора гигиены А.П. Доброславина и увековечение его имени на Родине (1842–1889) 77
- Исторические страницы развития госсанэпидслужбы Челябинской области 79

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

- Памяти Павла Федоровича Кiku 80

CONTENTS**Public Health and Life Environment – PH&LE / Volume 30, Issue 4, 2022****ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH**

- Duisembaeva A.N., Borshchuk E.L., Begun D.N. Potential years of life lost in the population of the Orenburg Region in 2019–2020 7

COMMUNAL HYGIENE

- Korchina T.Ya., Korchin V.I. Correlations between elemental status and indicators of oxidative metabolism in residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug with its poor-quality water treatment 14

PEDIATRIC HYGIENE

- Shubochkina E.I., Vyatleva O.A., Blinova E.G. Risks of visual impairment and its progression in children and adolescents under modern conditions of education and upbringing: A scientific review 22
- Novikova I.I., Zubtsovskaya N.A., Ivleva G.P. Analysis of participation of schoolchildren in extracurricular activities and the health aspect of their routine: Results of a sociological survey 31
- Khusainov A.E., Zulkarnaev T.R., Agafonov A.I., Povargo E.A., Mochalkin P.A., Shamsutdinova A.F. The level of anxiety among medical university students with physical activity of different intensity 39

NUTRITION HYGIENE

- Shcherbakov G.D., Bessonov V.V. Approaches to the algorithm of analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient content of bakery products: Part 1 44
- Korotkova A.I., Bagryantseva O.V., Sokolov I.E., Glinenko V.M. Issues of safety of herb mixes and food supplements contaminated with tropane alkaloids: A review 54

OCCUPATIONAL HEALTH

- Dolgikh O.V., Dianova D.G., Nikonoshina N.A. Innate and adaptive immunity in workers of the main occupations exposed to fine particulate matter in potassium chloride production 63

EPIDEMIOLOGY

- Borodai N.V., Nesgovorova A.V., Fomina V.K., Mendygaliyeva A.K., Baturin A.A., Antonov A.S., Avdiusheva E.F., Molchanova E.V., Nikitin D.N., Putintseva E.V. Detection of West Nile virus in overwintering mosquitoes in the Volgograd Region 70

MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

- To the 180th anniversary of birth of Alexey P. Dobrosлавин (1842–1889), Professor of Hygiene, and in connection with perpetuation of his memory in the Motherland 77
- Historical pages of the development of the State Sanitary and Epidemiological Service of the Chelyabinsk Region 79

IN MEMORY OF OUR COLLEAGUE

- In memory of Pavel F. Kiku 80

© Коллектив авторов, 2022

УДК [314.143/144:314.424:616.1-053.8](470.56)



Потерянные годы потенциальной жизни среди населения Оренбургской области в 2019–2020 гг.

А.Н. Дуйсембаева, Е.Л. Борщук, Д.Н. Бегун

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, д. 6, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация

Резюме

Введение. Наряду с показателем смертности для оценки потерь здоровья населения используется показатель «потерянные годы потенциальной жизни».

Цель исследования – оценить динамику и структуру смертности от болезней системы кровообращения и рассчитать потерянные годы потенциальной жизни по этой причине для населения Оренбургской области.

Методы исследования. Произведен ретроспективный анализ случаев смерти среди населения, зарегистрированных в Оренбургской области за 2010–2020 гг. Для этого была использована деперсонифицированная база данных медицинских свидетельств о смерти системы мониторинга смертности Медицинского информационно-аналитического центра Оренбургской области. Результаты оценивались с помощью параметрических и непараметрических методов. Потерянные годы потенциальной жизни рассчитывали для возрастных групп 18–75 лет по классу болезней системы кровообращения в 2019 и 2020 гг.

Результаты. Установлено, что наибольший демографический и социально-экономический ущерб наносят болезни системы кровообращения, внешние причины смерти и новообразования. Выявлено, что в 2019 г. коэффициент смертности от болезней системы кровообращения составил 633,7 на 100 тыс. населения, что на 0,7 % ниже уровня 2018 г. (638,2 на 100 тыс. населения). Так, за период 2010–2020 гг. уровень смертности по причине болезней системы кровообращения имел максимальные значения в 2010 г. (842,0 на 100 000 населения) и минимальные – в 2016 г. (608,2 на 100 000). Средний возраст умерших людей составил $72,9 \pm 13,8$ года, при этом отмечено увеличение среднего возраста умерших с $72,0 \pm 10,9$ года в 2019 г. до $73,6 \pm 9,4$ года – в 2020 г. ($p = 0,014$). Показатель потерянных лет потенциальной жизни в 2019 г. у мужчин составил 30 895 лет, у женщин – 10 515 лет, в том числе потери у мужчин трудоспособного возраста (до 59 лет) составили 24 323 года, у женщин трудоспособного возраста (до 54 лет) – 5404 года. В 2020 г. у мужчин потери составили 39 425 лет, у женщин – 16 868 лет. Выявлены существенные гендерные и возрастные различия в уровне потерь от преждевременной смертности.

Выводы. Выполненное исследование показало, что коэффициент смертности от болезней системы кровообращения в период 2010–2020 гг. превышает среднероссийский уровень. Структура причин смерти от болезней системы кровообращения не изменилась. Число потерянных лет потенциальной жизни в 2020 г. увеличилось по сравнению с 2019 г. с гендерным преобладанием мужчин.

Ключевые слова: болезни системы кровообращения, Оренбургская область, коэффициент смертности.

Для цитирования: Дуйсембаева А.Н., Борщук Е.Л., Бегун Д.Н. Потерянные годы потенциальной жизни среди населения Оренбургской области в 2019–2020 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 7–13. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-7-13>

Сведения об авторах:

Дуйсембаева Айслу Нагапыбаевна – ассистент кафедры общественного здоровья и здравоохранения № 1; e-mail: k.kro1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5762-4277>.

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

Бегун Дмитрий Николаевич – д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения № 1; e-mail: doctorbegun@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8920-6675>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Дуйсембаева А.Н.; сбор данных: Борщук Е.Л., Бегун Д.Н.; анализ и интерпретация результатов: Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Дуйсембаева А.Н.; обзор литературы: Дуйсембаева А.Н.; подготовка рукописи: Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Дуйсембаева А.Н. 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: соавтор статьи Борщук Е.Л. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 21.03.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Potential Years of Life Lost in the Population of the Orenburg Region in 2019–2020

Aislu N. Duisembaeva, Evgeni L. Borshchuk, Dmitriy N. Begun

Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Street, Orenburg, 460000, Russian Federation

Summary

Introduction: Along with the mortality rate, the indicator of Potential Years of Life Lost (PYLL) is used to assess health losses in the population.

Objective: To assess the structure and rates of mortality from diseases of the circulatory system and to estimate the number of potential years of life lost due to this category of disorders in the population of the Orenburg Region.

Methods: We conducted a retrospective analysis of deaths registered among the population of the Orenburg Region in 2010–2020 using a depersonalized database of medical death certificates within the mortality monitoring system of the Medical Information and Analytical Center of the Orenburg Region. The results were evaluated using parametric and nonparametric methods. Potential years of life lost due to the diseases of the circulatory system were estimated by 5-year age groups for the population aged 18–75 in the years 2019 and 2020.

Results: We established that the greatest demographic and socio-economic damage was caused by the diseases of the circulatory system, external causes of death, and neoplasms. We also estimated that in 2019, the mortality rate from diseases of the circulatory system was 633.7 per 100,000 population, i.e. 0.7 % lower than that in 2018 (638.2 per 100,000). In 2010–2020, the circulatory disease mortality rate was the highest in 2010 (842.0 per 100,000 population) and the lowest in 2016 (608.2 per 100,000). The average age of the deceased was 72.9 ± 13.8 years, and we observed its increase from 72.0 ± 10.9 years in 2019 to 73.6 ± 9.4 years in the year 2020 ($p = 0.014$). In 2019, the indicator of premature mortality was 30,895 and 10,515 years for men and women, including 24,323 and 5,404 potential years of life lost in working-age men and women (< 59 and < 54 years of age), respectively. In 2020, the number of PYLL rose to 39,425 and 16,868 years in men and women, respectively. We found

significant age and sex differences in the level of losses from premature mortality.

Conclusion: Our findings show that the regional mortality rates from diseases of the circulatory system in 2010–2020 exceeded the national averages. The structure of causes of death from diseases of the circulatory system did not change. In 2020, the number of potential years of life lost increased compared to 2019 and was more than twice as high for men than for women.

Keywords: diseases of the circulatory system, Orenburg Region, mortality rate.

For citation: Duisembaeva AN, Borshchuk EL, Begun DN. Potential years of life lost in the population of the Orenburg Region in 2019–2020. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):7–13. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-7-13>

Author information:

✉ Aislu N. **Duisembaeva**, Assistant of the Department of Public Health and Health Care No. 1, Orenburg State Medical University; e-mail: k.kro1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5762-4277>.

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

Dmitriy N. **Begun**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Public Health and Health Care No. 1, Orenburg State Medical University; e-mail: doctorbegun@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8920-6675>.

Author contributions: study conception and design: Borshchuk E.L., Begun D.N., Duisembaeva A.N.; data collection: Borshchuk E.L., Begun D.N.; analysis and interpretation of results: Borshchuk E.L., Begun D.N., Duisembaeva A.N.; literature review: Duisembaeva A.N.; draft manuscript preparation: Borshchuk E.L., Begun D.N., Duisembaeva A.N. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: This study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

Funding: The article was prepared within implementation of the state assignment research program of the Ural Institute of Health Care Management named after A.B. Blokhin.

Conflict of interest: The coauthor of the article Evgeni L. Borshchuk is a member of the Editorial Board of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors declare that there is no conflict of interest.

Received: March 21, 2022 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Высокая преждевременная смертность приводит к снижению жизненного потенциала [1, 2], обусловленного предотвратимыми потерями для населения преимущественно за счет хронических неинфекционных заболеваний [3]. Высокий уровень смертности населения в России [4], в том числе в Оренбургской области, формируется за счет болезней системы кровообращения (БСК). Ущерб, причиненный БСК, является весьма значительным [5, 6], т. к. это не только затраты на лечение [7], но и потери в экономике, связанные с инвалидностью, снижением производительности труда и преждевременной смертностью [8, 9]. Перед национальным здравоохранением стоит задача – снизить смертность от предотвратимых причин [10] и закрепить положительную динамику в снижении смертности от БСК [11]. На данный момент инструментом для оценки потерь здоровья населения [12] является, помимо коэффициента смертности, такой показатель, как потерянные годы потенциальной жизни в результате смерти и лет, прожитых с инвалидностью – Disability Adjusted Life Year (DALY) [13]. Индекс DALY состоит из потерянных лет потенциальной жизни – ПГПЖ, Potential Years of Life Lost (PYLL) и потерянных лет здоровой жизни, с поправкой на инвалидность – Years Lived with Disability (YLD) [14–16]. В ходе работы был рассчитан показатель ПГПЖ. Методология расчета заключается в определении состояния здоровья людей через подсчет потерь лет жизни в результате смертности. ПГПЖ учитывает число умерших лиц и возраст наступления смерти. Это обеспечивает адекватную оценку значимости потерь [17, 18], обусловленных не самыми массовыми, но распространенными среди молодых людей причинами [19, 20].

Цель исследования: оценить динамику и структуру смертности от болезней системы кровообращения и рассчитать потерянные годы потенциальной жизни по этой причине для населения Оренбургской области.

Материалы исследования. Был выполнен ретроспективный анализ смертности всего населения от всех причин и от болезней системы кровообращения. Для анализа динамики и струк-

туры смертности были взяты итоговые отчеты государственного бюджетного учреждения здравоохранения Оренбургской области «Медицинский информационно-аналитический центр» (МИАЦ). Для изучения динамики и структуры смертности всего населения Оренбургского региона исследуемый период составил десять лет с 2010 по 2020 г. Были рассчитаны интенсивные и экстенсивные показатели.

Далее был произведен сплошной анализ случаев смерти среди всего населения, зарегистрированных в Оренбургской области с 2019 по 2020 г., по причине БСК. Для этого была использована деперсонифицированная база данных медицинских свидетельств о смерти системы мониторинга смертности МИАЦ.

На основе полученных данных была проведена оценка ПГПЖ. Расчет потерянных лет потенциальной жизни производился в возрастных категориях 18–75 лет. Потерянные годы потенциальной жизни рассчитывались как сумма произведений числа умерших в изучаемом интервале на число недожитых лет соответствующего интервала. При расчете ПГПЖ определялось число лет, недожитых популяцией до нормативного возраста, равного 75 годам, то есть в исследовании учитывались случаи смерти в возрасте от 18 до 75 лет. За возраст дожития был принят показатель ожидаемой продолжительности жизни – 75 лет. При расчете показателей преждевременной смертности использовались методические рекомендации ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России¹ [21]. Статистическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 и Excel.

Результаты. Показатель общей смертности в Оренбургской области превышает средний по России и находится примерно на одном уровне с показателем по Приволжскому федеральному округу (ПФО) [22]. В 2019 г. показатель смертности в Оренбуржье составил 13,1 на 1000 населения, что на 0,8 % выше уровня ПФО 2019 г. (12,9 на 1000 населения) и на 5,7 % выше уровня по стране в целом за 2019 г. (12,3 на 1000 населения).

При рассмотрении изменения структуры причин смертности за последние 10 лет 1-е место

¹ Методические рекомендации по использованию показателя «Потерянные годы потенциальной жизни» (ПГПЖ) для обоснования приоритетных проблем здоровья населения России на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. М.: ЦНИИОИЗ, 2014. 82 с.

стабильно занимали БСК (44,8 % в среднем), на 2-м месте находилось новообразование, 3-е место остается за смертностью от внешних причин.

Далее были изучены коэффициенты смертности от БСК в Оренбургской области за 2010–2020 гг. среди всего населения, т. к. именно БСК вносят существенный вклад в общую смертность населения. Выявлено, что уровень смертности от БСК в регионе за исследуемый период превышал средние значения по РФ и ПФО. В 2019 г. составил 633,7 на 100 тыс. населения, что на 0,7 % ниже уровня 2018 г. (638,2 на 100 тыс. населения). Так, за исследуемый период уровень смертности в регионе по причине БСК составил максимальные значения в 2010 г. (842,0 на 100 000 населения) и минимальные — в 2016 г. (608,2 на 100 000) (рис. 1).

В среднемноголетней нозологической структуре смертности в Оренбургской области заметное влияние на уровень смертности от БСК оказывала ишемическая болезнь сердца (ИБС), что составляла 47,7 % случаев от общего числа умерших от БСК. На втором месте в структуре смертей системы кровообращения — цереброваскулярные болезни (ЦВБ): доля умерших составляет 30,4 % от общего числа умерших от БСК (рис. 2).

Третье место занимал инфаркт мозга. Доля данной причины составляла 10,5 % случаев от общего числа умерших от болезней системы кровообращения.

Далее была проанализирована деперсонифицированная база данных смертей, среди всего населения, зарегистрированных на территории Оренбургской области по причине БСК.

При анализе всех случаев смерти, зафиксированных за 2019–2020 гг. из базы данных медицинских свидетельств о смерти по причине БСК, были получены следующие результаты: всего зарегистрировано в 2019 г. 9188 смертей, в 2020 г. — 12 913 случаев смерти. Абсолютный прирост смертей составил 3725, таким образом, темп прироста равен 40,5 %. Средний возраст умерших людей составил $72,9 \pm 13,8$ года, однако произошло увеличение среднего возраста умерших с $72,0 \pm 10,9$ года в 2019 г. до $73,6 \pm 9,4$ года в 2020 г. ($p = 0,014$).

Наиболее типичный возраст смерти жителей области находился в пределах от 60 до 83 лет. В гендерной структуре смертности от БСК в возрастной группе до 75 лет преобладали мужчины, старше 75 лет — женщины (рис. 3).

Далее на основе полученных данных была произведена оценка ПГПЖ для возрастной категории 18–75 лет.

Рост ПГПЖ в 2020 г. отмечен во всех возрастных группах с 18 до 75 лет населения Оренбургской области. Максимальный прирост был отмечен в группе лиц в возрасте 45–49 лет. Абсолютный прирост ПГПЖ в данной группе составил 43,7 %,

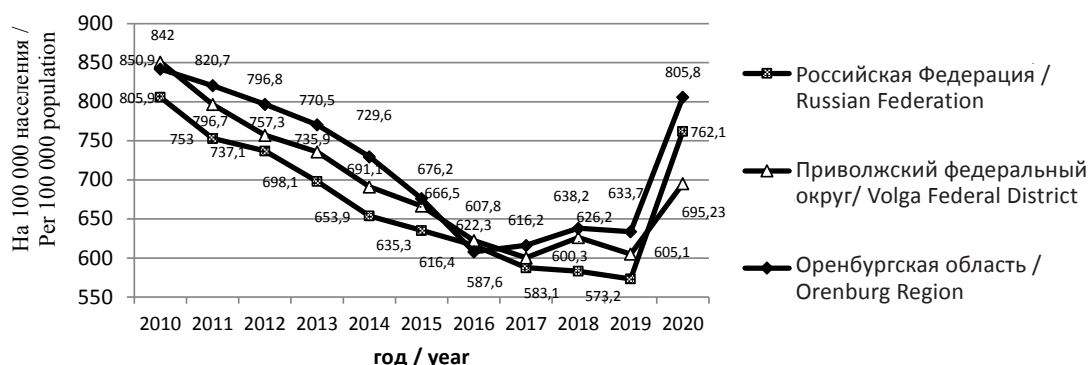


Рис. 1. Динамика коэффициентов смертности от болезней системы кровообращения (на 100 000 человек) за 2010–2020 гг.

Fig. 1. Circulatory disease mortality rates per 100,000 population in the Russian Federation, Volga Federal District and the Orenburg Region, 2010–2020

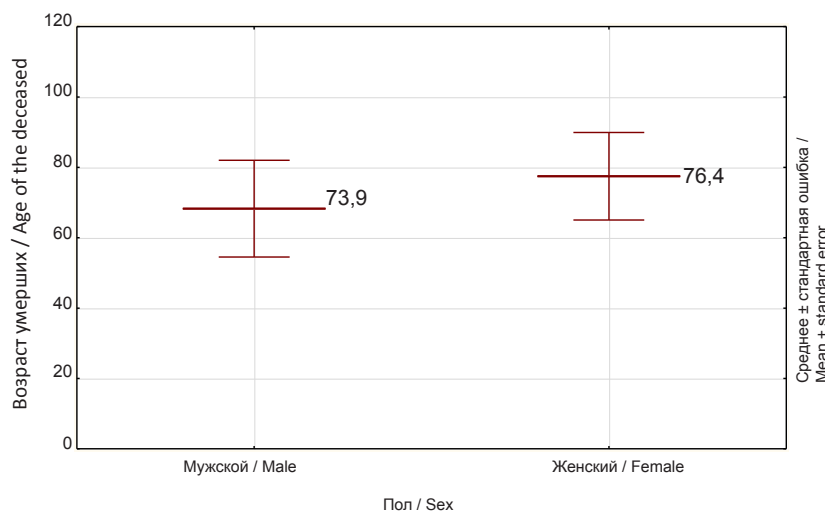


Рис. 2. Диаграмма размаха среднего возраста умерших лиц по причине БСК в 2019–2020 гг.

Fig. 2. Age range of deaths from diseases of the circulatory system in the Orenburg Region, 2019–2020

который, вероятно, связан с эпидемией COVID-19 в 2020 г. [23].

Суммарные потери ПГПЖ среди группы населения 18–75 лет в Оренбургской области за счет болезней системы кровообращения в 2019 г. составили 41 407 лет. В 2020 г. потери значительно возросли и составили порядка 56 293 года. Темп прироста потерянных лет потенциальной жизни составил 35,7 %. Показатель ПГПЖ для группы 18–75 лет в 2019 г. у мужчин составил 30 895 лет, у женщин – 10 512 лет, в том числе потери у мужчин трудоспособного возраста (до 59 лет) составили 24 323 года, у женщин трудоспособного возраста (до 54 лет) – 5404 года. В 2020 г. у мужчин потери составили 39 425 лет, у женщин – 16 868 лет (рис. 4).

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. во всех возрастных категориях с 18 до 75 лет был отмечен рост ПГПЖ среди женского населения. Максимальный абсолютный прирост был выявлен в группах 45–49 лет (94 %), 55–59 лет (54 %). Потери в возрастной группе 40–44 года женщин оказались достоверно выше, чем в группе 45–49 лет. В возрастной группе

65–69 лет женского пола отмечено уменьшение показателя ПГПЖ по сравнению с соседней группой в возрасте 60–64 года (рис. 5).

Для мужского населения Оренбургской области в 2020 г. также отмечен рост ПГПЖ. Но по сравнению с женским полом абсолютный прирост потерь не был таким высоким. Во всех возрастных группах, кроме группы в возрасте 20–24 года, выявлен рост показателя ПГПЖ. Максимальный абсолютный прирост отмечен в группе 45–49 лет (64 %). Минимальный прирост обнаружен в категории граждан в возрасте 30–34 года (13 %) (рис. 6).

Обсуждение. Общая смертность населения в Оренбургской области за исследуемый период проявляла устойчивую тенденцию к снижению до 2019 г. включительно. В 2020 г. в период пандемии новой коронавирусной инфекции отмечен резкий рост показателя на 19,8 %. В этот год в Российской Федерации, как и во всем мире, изменился коэффициент смертности населения. Рост смертности отмечается и в других регионах страны из-за возможного влияния пандемии

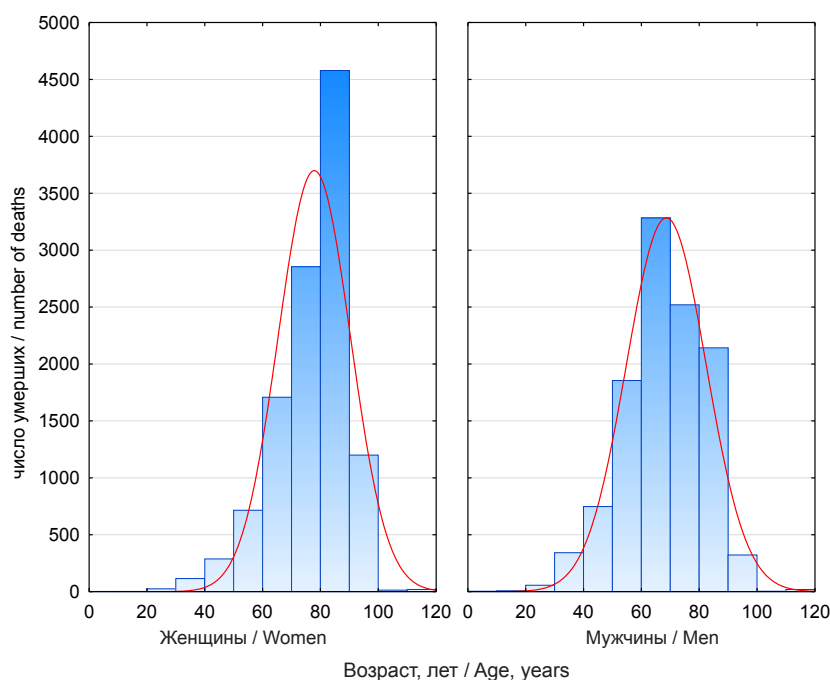


Рис. 3. Распределение числа смертей по полу и по возрасту среди умерших лиц за 2019–2020 гг.

Fig. 3. Age and sex distribution of the deceased in the Orenburg Region, 2019–2020

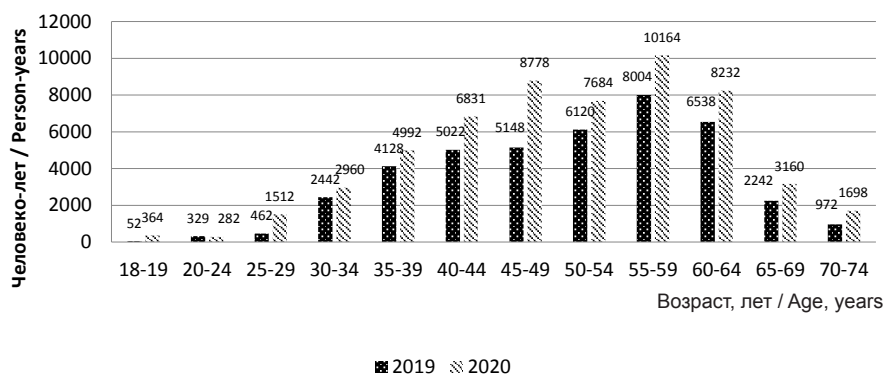


Рис. 4. ПГПЖ населения Оренбургской области по причине болезней системы кровообращения в 2019 и 2020 гг.

Fig. 4. Potential years of life lost due to diseases of the circulatory system in the population of the Orenburg Region, 2019–2020

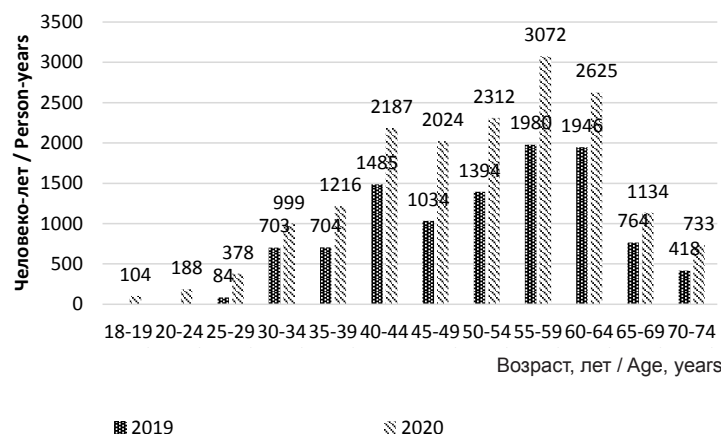


Рис. 5. Распределение ПГПЖ в 2019–2020 гг. среди женского населения Оренбургской области
Fig. 5. Distribution of potential years of life lost in the female population of the Orenburg Region, 2019–2020

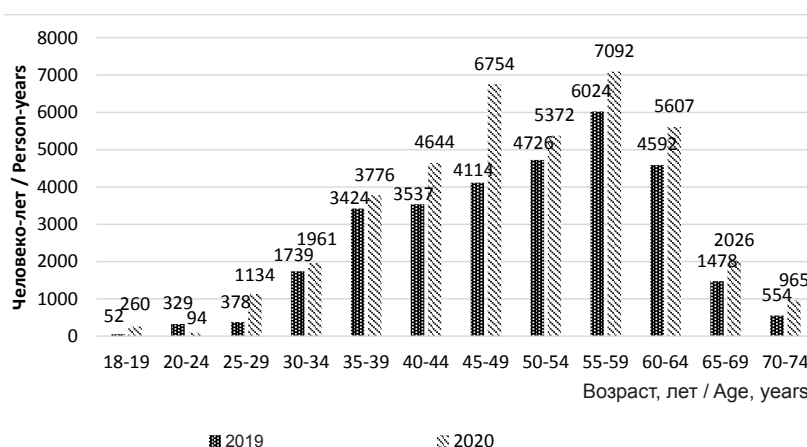


Рис. 6. Распределение ПГПЖ в 2019–2020 гг. среди мужского населения Оренбургской области.
Fig. 6. Distribution of potential years of life lost in the male population of the Orenburg Region, 2019–2020

[24–26]. В 2020 г. в Оренбургской области отмечен резкий рост смертности от БСК, абсолютный прирост показателя составил 21,3 %. Выявленная тенденция повторяется во многих регионах нашей страны и, вероятно, показывает влияние пандемии на общественное здоровье граждан [27, 28]. По результатам анализа мониторинга смертности в Оренбургской области по причине БСК выяснено, что количество смертей, наступивших в 2020 г., больше, чем в 2019 г. Женщины умирают от сердечно-сосудистых заболеваний в более старших возрастных группах по сравнению с мужчинами.

Результаты исследования, проведенного на основании оценки показателя ПГПЖ от БСК на территории изучаемого региона в 2019–2020 гг., позволяют заключить, что за два года отмечено увеличение потерь от преждевременной смерти населения, обусловленной БСК, в возрастной группе 18–75 на 21,5 % у мужчин, и на 37,8 % у женщин. В структуре потерь большую долю составляют мужчины – 75 %, женщины – 25 % (в 2019 г.). В 2020 г. структура потерь населения по гендерной принадлежности сохраняется.

Таким образом, наибольший вклад потерь, связанных со смертностью, формируется за счет возрастных групп 45–49 лет и 55–59 лет у женщин, у мужчин в возрасте 45–49 лет. На эти группы должны быть направлены меры региональной политики в области снижения смертности.

Выводы

1. Коэффициент общей смертности в области превышает уровень в РФ, ПФО. В общей структуре смертности населения максимальный удельный вес имеют БСК (44,8 %).

2. За исследуемый период в 2010–2020 гг. уровень общей смертности от БСК имел тенденцию к снижению. Среднемолодежная структура смертности от БСК не изменялась.

3. В 2020 г. по сравнению с 2019 г. показатель ПГПЖ увеличился. Наибольшие потери в результате преждевременной смерти были выявлены у мужчин в возрастной группе 45–49 лет, у женщин в группах 45–49, 55–59 лет.

4. Установленные возрастно-половые группы населения являются приоритетными при разработке мер по снижению преждевременной смертности населения.

Список литературы

1. Консенсус Lancet по риску развития сердечно-сосудистых заболеваний у женщин: снижение глобального бремени к 2030 г. (реферат) // Focus Эндокринология. 2021. Т. 2. № 2. С. 8–12. doi: 10.47407/ef2021.2.2.0019
2. Самородская И.В., Ватолина М.А., Бойцов С.А. Методические вопросы и результаты оценки глобального бремени болезней (обзор литературы) // Профилактическая медицина. 2015. Т. 18. № 1. С. 40–45.

3. Калинина А.М., Концевая А.В., Деев А.Д. Долгосрочная экономическая эффективность программы многофакторной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в первичной медико-санитарной помощи // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013. Т. 12. № 1. С. 60–66.
4. Морев М.В., Короленко А.В. Оценка демографических и социально-экономических потерь вследствие смертности населения России и Вологодской области // Проблемы прогнозирования. 2018. № 2 (167). С. 110–123.
5. Ступаков И.Н., Самородская И.В. Потерянные годы потенциальной жизни в регионах РФ // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2020. Т. 21. № S6. С. 250.
6. Кобякова О.С., Деев И.А., Несветайло Н.Я. и др. Динамика количества потерянных лет жизни (DALY) в результате преждевременной смертности населения Томской области в 2008–2012 годах // Медицина в Кузбассе. 2013. Т. 12. № 4. С. 47–52.
7. Kontseva AV, Drapkina OM, Balanova YA, Imaeva AE, Suvorova EI, Khudyakov MB. Economic burden of cardiovascular diseases in the Russian Federation in 2016. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2018;14(2):156–166. doi: 10.20996/1819-6446-2018-14-2-156-166
8. Кошечкина Н.В. Каплина М.Н. Потерянные годы жизни в результате преждевременной смерти среди населения Забайкальского края за период 2015–2018 гг. Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции «Медицинская весна – 2020» (7–8 февраля 2020 г., Сеченовский Университет). Москва: Издательство ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). С. 331–332.
9. Luan G, Yin P, Li T, Wang L, Zhou M. The years of life lost on cardiovascular disease attributable to ambient temperature in China. *Sci Rep*. 2017;7(1):13531. doi: 10.1038/s41598-017-13225-2
10. Вдовенко С.А., Кведер Л.В., Буклешева М.С. и др. Оценка преждевременной смертности населения городского округа Чапаевск для обоснования приоритетных проблем здоровья населения с использованием индикатора «потерянные годы потенциальной жизни – 65» // Управление качеством медицинской помощи. 2017. № 1–2. С. 6–15.
11. Короленко А.В. Нозологический и половозрастной профиль смертности населения Вологодской области и обусловленных ей демографических потерь. Статистика и Экономика. 2021. Т. 18. № 3. С. 27–45. doi: 10.21686/2500-3925-2021-3-27-45
12. Фаттахов Т.А., Миронова А.А. Потерянные годы жизни в результате преждевременной смертности населения муниципальных районов Архангельской области в 2010–2019 гг. // Региональные исследования. 2021. № 1 (71). С. 96–106. doi: 10.5922/1994-5280-2021-1-8.
13. Бойцов С.А., Самородская И.В., Семенов В.Ю., Выгодин В.А. Потерянные годы потенциальной жизни, условия жизни, ресурсные показатели системы здравоохранения и экономические показатели: оценка регионов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2017. Т. 25. № 3. С. 132–138. doi: 10.18821/0869-866X-2017-25-3-132-138
14. Wang W, Liu Y, Liu J, et al. Mortality and years of life lost of cardiovascular diseases in China, 2005–2020: Empirical evidence from national mortality surveillance system. *Int J Cardiol*. 2021;340:105–112. doi: 10.1016/j.ijcard.2021.08.034
15. Arai H, Mortaki K, Rane P, Quinn C, Zhao Z, Qian Y. Estimating years of life lost due to cardiovascular disease in Japan. *Circ J*. 2019;83(5):1006–1010. doi: 10.1253/circj.CJ-18-1216
16. Ходакова О.В., Кошечкина Н.В. Оценка потерянных лет жизни в результате преждевременной смерти в Забайкальском крае за 2018 год // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019. № S5. С. 188–189.
17. Ugarte MP, Achilleos S, Quattrocchi A, et al. Premature mortality attributable to COVID-19: potential years of life lost in 17 countries around the world, January–August 2020. *BMC Public Health*. 2022;22(1):54. doi: 10.1186/s12889-021-12377-1
18. Самородская И.В., Семенов В.Ю. Потерянные годы потенциальной жизни от болезней системы кровообращения экономически активного населения Российской Федерации в 2013–2019 годах // Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 26. № 5. С. 82–87. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4161
19. Ikeda Y, Ohishi M. Years of life lost analysis may promote governmental policy to prevent atherosclerotic cardiovascular disease. *Circ J*. 2019;83(5):965–966. doi: 10.1253/circj.CJ-19-0253
20. Дуйсембаева А.Н., Борщук Е.Л. Стандартизированные показатели смертности населения от болезней системы кровообращения на примере Оренбургской области // Проблемы городского здравоохранения: Сборник научных трудов. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава РФ; ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт им. И.И. Джанелидзе». Санкт-Петербург: Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова. 2020. С. 63–67.
21. Земцов С.П., Бабуринов В.Л. Коронавирус в регионах России: особенности и последствия распространения // Государственная Служба. 2020. Т. 22. № 2 (124). С. 48–55. doi: 10.22394/2070-8378-2020-22-2-48-55
22. Бессонова, Л. П. Риски качества жизни, связанные с пандемией коронавируса, на примере Воронежской области // Вестник Академии знаний. 2021. № 4 (45). С. 35–43. doi: 10.24412/2304-6139-2021-11329
23. Кузнецова А.Р. Кузнецов А.И. Анализ причин и основных тенденций смертности в Республике Башкортостан в условиях COVID-19 // Акселерация инноваций – институты и технологии : Сборник статей международной научно-практической конференции, Уфа, 28–30 сентября 2021 года / Под редакцией А.Н. Дегтярева, А.Р. Кузнецовой. Уфа: Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», 2021. С. 69–73.
24. Синькова М., Синьков М., Исаков Л., Ганюков В., Плотицкова Е. Потерянные годы потенциальной жизни при преждевременной смерти от острого коронарного синдрома // Врач. 2019. Т. 30. № 1. С. 32–35. doi: 10.29296/25877305-2019-01-05
25. Улумбекова Г.Э., Гинойна А.Б., Петрачков И.В. Факторы влияния на смертность от новообразований и болезней системы кровообращения в РФ с 2019 по 2020 г. // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ. 2021. Т. 7. № 3 (25). С. 4–23. doi: 10.33029/2411-8621-2021-7-3-4-23
26. Колбин А.С., Гомон Ю.М., Балыкина Ю.Е., Белоусов Д.Ю., Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г. Социально-экономическое и глобальное бремя COVID-19. Качественная Клиническая Практика. 2021. № 1. С. 24–34. doi: 10.37489/2588-0519-2021-1-24-34

References

1. The Lancet Women and Cardiovascular Disease Commission: Reducing the global burden by 2030 (Abstract). *Focus Endocrinology*. 2021;2(2):8–12. (In Russ.) doi: 10.47407/ef2021.2.2.0019
2. Samorodskaya IV, Vatolina MA, Boitsov SA. Methodological issues and results of assessment of the global burden of diseases (literature review). *Profilakticheskaya Meditsina*. 2015;18(1):40–45. (In Russ.)
3. Kalinina AM, Kontseva AV, Deev AD. Long-term economic effectiveness of the multifactorial

- cardiovascular prevention programme in the context of primary health care. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2013;12(1):60-66. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2013-1-60-66
4. Morev MV, Korolenko AV. Assessment of demographic and socioeconomic losses due to premature mortality in the populations of Russia and Vologda oblast. *Studies on Russian Economic Development*. 2018;29(2):191-201. doi: 10.1134/S1075700718020107
 5. Stupakov IN, Samorodskaya IV. [Potential years of life lost in the regions of the Russian Federation.] *Byulleten' NTSSKH im. A.N. Bakuleva RAMN. Serdechno-Sosudistye Zabolevaniya*. 2020;21(S6):250. (In Russ.)
 6. Kobayakova OS, Deyev IA, Nesvetaylo NYa, et al. Dynamic of the number of life years lost (DALYs) due to premature mortality in the population of Tomsk region in 2008–2012. *Meditsina v Kuzbasse*. 2013;12(4):47-52. (In Russ.)
 7. Kontsevaya AV, Drapkina OM, Balanova YA, Imaeva AE, Suvorova EI, Khudyakov MB. Economic burden of cardiovascular diseases in the Russian Federation in 2016. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2018;14(2):156-166. doi: 10.20996/1819-6446-2018-14-2-156-166
 8. Koshevaya NV, Kaplina MN. [Years of life lost due to premature mortality in the population of the Trans-Baikal Region in 2015–2018.] In: *Medical Spring – 2020: Proceedings the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, February 7–8, 2020*. Moscow: Sechenov University Publ.; 2020:331-332. (In Russ.)
 9. Luan G, Yin P, Li T, Wang L, Zhou M. The years of life lost on cardiovascular disease attributable to ambient temperature in China. *Sci Rep*. 2017;7(1):13531. doi: 10.1038/s41598-017-13225-2
 10. Vdovenko SA, Kveder LV, Buklesheva MS, et al. Assessment of premature mortality of Chapaevsk Urban District population for grounding high-priority problems of people's health using lost years of potential life – 65 indicator. *Upravlenie Kachestvom Meditsinskoy Pomoshchi*. 2017;(1-2):6-15. (In Russ.)
 11. Korolenko AV. Nosological and age and gender profile of the Vologda Oblast population mortality and the associated demographic losses. *Statistika i Ekonomika*. 2021;18(3):27-45. (In Russ.) doi: 10.21686/2500-3925-2021-3-27-45
 12. Fattakhov TA, Mironova AA. Lost years of life as a result of premature mortality in municipal districts of the Arkhangelsk oblast in 2010-2019. *Regional'nye Issledovaniya*. 2021;(1(71)):96-106. (In Russ.) doi: 10.5922/1994-5280-2021-1-8
 13. Boitsov SA, Samorodskaya IV, Semenov VYu, Vygodin VA. The potential years of life lost, life conditions, resource indices of health care system and economic indices: A comparative estimation of regions. *Problemy Social'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2017;25(3):132-138. (In Russ.) doi: 10.18821/0869-866X-2017-25-3-132-138
 14. Wang W, Liu Y, Liu J, et al. Mortality and years of life lost of cardiovascular diseases in China, 2005–2020: Empirical evidence from national mortality surveillance system. *Int J Cardiol*. 2021;340:105-112. doi: 10.1016/j.ijcard.2021.08.034
 15. Arai H, Mortaki K, Rane P, Quinn C, Zhao Z, Qian Y. Estimating years of life lost due to cardiovascular disease in Japan. *Circ J*. 2019;83(5):1006-1010. doi: 10.1253/circj.CJ-18-1216
 16. Khodakova OV, Koshevaya NV. Evaluation of lost years of life as a result of a premature death in the Trans-Baikal Region for 2018. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2019;(S5):188-189. (In Russ.)
 17. Ugarte MP, Achilleos S, Quattrocchi A, et al. Premature mortality attributable to COVID-19: potential years of life lost in 17 countries around the world, January–August 2020. *BMC Public Health*. 2022;22(1):54. doi: 10.1186/s12889-021-12377-1
 18. Samorodskaya IV, Semenov VYu. Years of potential life lost from cardiovascular diseases of the economically active Russian population in 2013–2019. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal*. 2021;26(5):82-87. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2021-4161
 19. Ikeda Y, Ohishi M. Years of life lost analysis may promote governmental policy to prevent atherosclerotic cardiovascular disease. *Circ J*. 2019;83(5):965-966. doi: 10.1253/circj.CJ-19-0253
 20. Duisembayeva AN, Borshchuk EL. [Standardized mortality rates from diseases of the circulatory system on the example of the Orenburg region.] In: *Problems of Urban Health Care: Collection of Scientific Works*. St. Petersburg: Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University Publ.; 2020:63-67. (In Russ.)
 21. Zemtsov SP, Baburin VL. Coronavirus in the regions of Russia: features and consequences of the spread. *Gosudarstvennaya Sluzhba*. 2020;22(2(124)):48-55. (In Russ.) doi: 10.22394/2070-8378-2020-22-2-48-55
 22. Bessonova LP. Quality of life risks associated with the coronavirus pandemic: an example from the Voronezh region. *Vestnik Akademii Znaniy*. 2021;(4(45)):35-43. (In Russ.) doi: 10.24412/2304-6139-2021-11329
 23. Kuznetsova AR, Kuznetsov AI. Analysis of the causes and main trends of mortality in the Republic of Bashkortostan in the conditions of COVID-19. In: *Acceleration of Innovations – Institutes and Technologies: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Ufa, September 28–30, 2021*. Degtyarev AN, Kuznetsova AR, eds. Ufa: Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan Publ.; 2021:69-73. (In Russ.)
 24. Sinkova M, Sinkova M, Isakov L, Ganyukov V, Plotnikova E. Years of potential life lost due to premature death from acute coronary syndrome. *Vrach*. 2019;30(1):32-35. (In Russ.) doi: 10.29296/25877305-2019-01-05
 25. Ulumbekova GE, Ginoyan AB, Petrachkov IV. Factors affecting mortality rate due to neoplasms and circulatory diseases during the 2019–2020 in the Russian Federation. *ORGZDRAV: Novosti, Mneniya, Obucheniya. Vestnik VSHOUZ*. 2021;7(3(25)):4-23. (In Russ.) doi: 10.33029/2411-8621-2021-7-3-4-23
 26. Kolbin AS, Gomon YuM, Balykina YuE, Belousov DYU, Strizheletskiy VV, Ivanov IG. Socioeconomic and global burden of COVID-19. *Kachestvennaya Klinicheskaya Praktika*. 2021;(1):24-34. (In Russ.) doi: 10.37489/2588-0519-2021-1-24-34



© Корчина Т.Я., Корчин В.И., 2022

УДК [616-053-07+577.018]-613.34-543.3

**Взаимосвязи между элементным статусом и показателями окислительного метаболизма у жителей Ханты-Мансийского автономного округа с некачественной водоподготовкой**

Т.Я. Корчина, В.И. Корчин

БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» Минздрава России, ул. Мира, д. 40, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация

Резюме**Введение.** Находящиеся в природной питьевой воде биоэлементы способны играть ключевую роль в формировании химической структуры человеческого организма региона проживания.**Цель** – изучить взаимосвязи между показателями, характеризующими элементный статус и окислительный метаболизм жителей Ханты-Мансийского автономного округа, с некачественной очисткой питьевой воды.**Материалы и методы.** В волосах 155 обследованных лиц методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой устанавливали содержание Fe, Mn, Ca, Mg, Cu, Zn и Se. Содержание продуктов перекисного окисления липидов (гидроперекиси липидов и тиобарбитуровой кислоты активные продукты) и антиоксидантной защиты организма (общую антиоксидантную активность и тиоловый статус) определяли в сыворотке крови с помощью тест-наборов. Коэффициент окислительного стресса рассчитывали так: гидроперекиси липидов × тиобарбитуровой кислоты активные продукты / общую антиоксидантную активность × тиоловый статус.**Результаты.** У жителей городов северного региона с некачественной водоподготовкой установлена большая концентрация Fe и Mn в волосах ($p < 0,001$) и меньшая Se ($p = 0,012$) в сочетании со статистически значимо более высоким уровнем гидроперекисей липидов, тиобарбитуровой кислоты активных продуктов и коэффициента окислительного стресса ($p < 0,001$) и низким уровнем антиоксидантной защиты организма ($p < 0,001 \dots 0,002$). Установлена прямая корреляционная связь между концентрацией Se в волосах с показателями антиоксидантной защиты организма ($r = +0,784 \dots r = +0,531$) и обратная с параметрами перекисного окисления липидов ($r = -0,679 \dots r = -0,465$). Накопление в организме Fe и Mn тесно взаимосвязано с активизацией перекисного окисления липидов ($r = +0,472 \dots r = +0,413$) и подавлением антиоксидантной защиты организма ($r = -0,521 \dots r = -0,379$).**Выводы.** Таким образом, выявленные нами взаимосвязи между параметрами окислительного метаболизма являются свидетельством ослабления антиоксидантной защиты и активизации перекисного окисления липидов у населения городов ХМАО с некачественной водоочисткой.**Ключевые слова:** северный регион, питьевая вода, железо, марганец, селен, окислительный метаболизм, корреляционный анализ.**Для цитирования:** Корчина Т.Я., Корчин В.И. Взаимосвязи между элементным статусом и показателями окислительного метаболизма у жителей Ханты-Мансийского автономного округа с некачественной водоподготовкой // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 14–21. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-14-21>**Сведения об авторах:**✉ **Корчина** Татьяна Яковлевна – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.**Корчин** Владимир Иванович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии; e-mail: vikhmgmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Корчина Т.Я., Корчин В.И.; сбор данных: Корчина Т.Я.; анализ и интерпретация результатов: Корчин В.И.; литературный обзор: Корчина Т.Я., Корчин В.И.; подготовка рукописи: Корчин В.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.**Соблюдение этических стандартов:** исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г. Исследование одобрено ЛЭК БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» Минздрава России (Протокол № 113 от 17.11.2016). От всех участников было получено информированное добровольное согласие.**Финансирование:** работа выполнена при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики Правительства ХМАО-Югры (приказ № 1812 от 29.12.2015).**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 07.06.21 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Correlations between Elemental Status and Indicators of Oxidative Metabolism in Residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug with Its Poor-Quality Water Treatment

Tatyana Ya. Korchina, Vladimir I. Korchin

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, 40 Mira Street, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation

Summary**Introduction:** Trace elements found in natural drinking water can play a key role in making up the chemical composition of the human body in the area of residence.**Objective:** To study the relationship between indicators characterizing the elemental status and oxidative metabolism of residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug and poor-quality tap water treatment.**Materials and methods:** Hair concentrations of iron, manganese, calcium, magnesium, zinc, and selenium were established in 155 regional residents using atomic emission and inductively coupled plasma mass spectrometry. Contents of the products of lipid peroxidation (lipid hydroperoxide and thiobarbituric acid reactive substances) and antioxidant defense of the body (total antioxidant capacity and thiol status) were determined in blood serum using test kits. The oxidative stress index was calculated as lipid hydroperoxide × thiobarbituric acid reactive substances / total antioxidant capacity × thiol status.**Results:** The residents of the northern Russian cities notorious for poor-quality water treatment have elevated hair levels of Fe and Mn ($p < 0,001$) and a decreased Se concentration ($p = 0,012$) combined with a statistically higher level of lipid hydroperoxides, thiobarbituric acid reactive substances, oxidative stress index ($p < 0,001$), and a low level of antioxidant defense of the body ($p < 0,001-0,002$). We established a direct correlation between selenium levels in hair and indicators of antioxidant defense status ($r = +0,784 \dots r = +0,531$) and an inverse correlation with lipid peroxidation parameters ($r = -0,679 \dots r = -0,465$). Accumulation of iron and manganese in the human body is closely related to activation of lipid peroxidation ($r = +0,472 \dots r = +0,413$) and suppression of the antioxidant defense status ($r = -0,521 \dots r = -0,379$).**Conclusion:** The observed relationships between the parameters of oxidative metabolism give evidence of a weakening of antioxidant protection and activation of lipid peroxidation in the population of the cities of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug supplied with poor-quality tap water.

Keywords: northern region, drinking water, iron, manganese, selenium, oxidative metabolism, correlation analysis.

For citation: Korchina T.Ya., Korchin V.I. Correlations between elemental status and indicators of oxidative metabolism in residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug with its poor-quality water treatment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):14–21. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-14-21>

Author information:

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

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

Author contributions: study conception and design: Korchina T.Ya., Korchin V.I.; data collection: Korchina T.Ya.; analysis and interpretation of results: Korchin V.I.; literature review: Korchina T.Ya., Korchin V.I.; draft manuscript preparation: Korchin V.I. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was carried out in compliance with the ethical requirements of the WMA Declaration of Helsinki 2000 and the Oviedo Convention on Human Rights and Biomedicine 1999. Study approval was provided by the Local Ethics Committee of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Minutes No. 113 of November 17, 2016). Informed consent was obtained from all participants.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: June 7, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Питьевая вода имеет исключительную важность как источник эссенциальных химических элементов для человека. Пищевые пути определяют попадание биоэлементов в человеческий организм с пищей и водой [1–3]. Существуют тесные взаимосвязи между содержанием химических элементов в объектах окружающей среды и у проживающих на данной территории биоорганизмах [4]. Ценнейший источник эссенциальных химических элементов – это питьевая вода. Кальций (Ca), магний (Mg), железо (Fe), марганец (Mn) и др. биоэлементы в качестве хорошо всасываемых и физиологически легкодоступных ионов присутствуют в питьевой воде, что является существеннейшим фактором в формировании элементной структуры состава организма человека. Это определяет исключительную важность влияния качества питьевой воды на здоровье населения [5–8].

Исследованиями установлено, что дисбаланс химических элементов у населения, проживающего в различных регионах, сопряжен с биогеохимическими особенностями и антропогенным загрязнением [9–13].

Природные воды Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) являются маломинерализованными с низким содержанием ионов Ca и Mg в комбинации с повышенной концентрацией ионов Fe и Mn [14]. Подземные воды различного качества очистки – главный источник питьевой воды для населенных пунктов ХМАО. Только в двух городах округа – Сургуте и Ханты-Мансийске – более 20 лет проводится качественная водоподготовка: избыток Fe удаляется аэрационным способом, а обеззараживание осуществляется при помощи озонирования. Во всех остальных городах и поселениях округа, в том числе в Нягани и Нефтеюганске, подземная вода после отстаивания подвергается обеззараживанию соединениями хлора.

Поступление с пищей эссенциальных для человека Fe и Mn негативного влияния на организм человека не проявляет. Однако поступление избыточных количеств данных химических элементов в неорганических соединениях (зачастую с всевозможными загрязнителями) и с питьевой водой способно усиливать специфические эффекты повреждающего действия, а также окислительно-антиоксидантных и обменных

процессов. Многочисленными исследованиями было установлено участие оксидативного стресса в патогенезе более 200 заболеваний и патологических состояний [7–10, 15–17].

Исследованиями ряда авторов была показана тесная связь между несбалансированной обеспеченностью человеческого организма жизненно важными химическими элементами и началом развития всевозможных болезней, в частности заболеваний сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, инфекционных заболеваний и др. [18–23].

Цель: изучение взаимосвязей между показателями, характеризующими элементный статус и окислительный метаболизм жителей Ханты-Мансийского автономного округа, с некачественной очисткой питьевой воды.

Материалы и методы. За период 2018–2020 гг. было обследовано 155 жителей Ханты-Мансийского автономного округа из числа некоренного населения, не занятых работой в промышленном производстве, из них 56 (36,1 %) мужчин и 99 (63,9 %) женщин в возрасте $38,3 \pm 8,9$ года. В Сургуте и Ханты-Мансийске под наблюдением находились 84 (54,2 %) человека, в Нягани и Нефтеюганске – 71 (45,8 %). Легитимность исследования была подтверждена решением междисциплинарного независимого этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (протокол № 113 от 17.11.2016).

В плане легкости сбора, обеспечения сохранности, транспортирования и пр. волосы являются удобным биоматериалом. Важно подчеркнуть, что концентрация химических элементов в волосах находится во взаимозависимости от их концентрации в органах и тканях человеческого организма [24, 25]. Согласно классической методике комбинирования методов атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной в ЦБМ (Москва) в волосах обследованных лиц определяли содержание железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca), магния (Mg), меди (Cu), цинка (Zn) и селена (Se) в числе 25 химических элементов (МУК 4.1.1482–03¹, МУК 4.1.1483–03²).

¹ МУК 4.1.1482–03 «Определение содержания химических элементов диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой» (утв. 29.06.03 и введены в действие 30.06.03 Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации – Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко).

² МУК 4.1.1483–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой» (утв. 29.06.03 и введены в действие 30.06.03 Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации – Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко).

Полученные результаты сравнивали со средними по РФ показателями.

С целью изучения перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной защиты организма (АОС) с использованием тест-наборов в сыворотке крови у обследуемых лиц выявляли концентрацию гидроперекисей липидов (ГПл) и тиобарбитуровой кислоты активные продукты (ТБК-АП), а также общую антиоксидантную активность (ОАА) и тиоловый статус (ТС).

Коэффициент окислительного стресса (КОС) рассчитали согласно формуле: $\text{КОС} = \text{ГПл} \times \text{ТБК-АП} / \text{ОАА} \times \text{ТС}$.

Статистическая обработка проведена при помощи программ MS Excel и Statistica 8.0. Вычисляли среднее арифметическое (M), среднее квадратичное отклонение (σ). В случае параметрического распределения чисел были описаны максимальные ($\max$) и минимальные ($\min$) показатели, а при непараметрическом – высчитывали 25-й и 75-й перцентили. Для установления достоверности связи использовали критерий ранговой корреляции Спирмена (r_s). Достоверность различий классифицировали при помощи критерия Манна – Уитни: достоверными признавали различия при $p < 0,05$.

Результаты. В табл. 1 представлены показатели концентрации в волосах Fe, Mn, Ca, Mg и Se у населения городов округа, которые с питьевой целью употребляли воду после различной предварительной очистки в сравнительном аспекте ($M \pm \sigma$). В табл. 2 показано ранжирование находящихся под наблюдением лиц согласно концентрации в волосах вышеуказанных химических элементов (табл. 2).

Установлено превышение средних показателей Fe в волосах у жителей городов с недо-

брокачественной водоподготовкой, в то время как у населения Сургута и Ханты-Мансийска концентрация данного химического элемента находилась в референтных пределах и была достоверно ниже подобного показателя 2-й группы ($p < 0,001$, табл. 1). Избыточное накопление Fe в организме почти в 4 раза чаще наблюдалось среди жителей Нягани и Нефтеюганска (табл. 2). При безусловной жизненной необходимости железа его избыточное накопление в организме способно потенцировать опухолевый рост, снижение иммунной резистентности и активизацию процессов ПОЛ.

Концентрация Mn в волосах представителей обеих групп населения ХМАО превышала физиологически оптимальные значения: у жителей Сургута и Ханты-Мансийска в 1,5 раза, а Нягани и Нефтеюганска более чем в 5 раз ($p < 0,001$) (табл. 1). Анализ индивидуальных показателей выявил более чем в 2 раза излишек содержания данного микроэлемента в волосах у обследуемых лиц городов с некачественной водоподготовкой сравнительно с его содержанием в биосубстрате у представителей 1-й группы (табл. 2). Эссенциальный микроэлемент Mn (участие в реакциях фосфорилирования) может проявлять токсические свойства, мощную кумулятивную способность (накапливаться в головном мозге), мутагенную активность. Избыточное накопление элемента способствует инициации ПОЛ [26].

Средние показатели содержания Ca и Mg в волосах у обследованных лиц обеих групп находились в диапазоне референсных показателей, но у нижнего их предела при отсутствии достоверных отличий (табл. 1) с сопоставимым ранжированием в плане содержания данных химических элементов в волосах (табл. 2). Концентрация основного

Таблица 1. Концентрация химических элементов в волосах жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (мкг/г)

Table 1. Elemental concentrations ($\mu\text{g/g}$) in hair of residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

Химический элемент / Chemical element	Диапазон физиологических колебаний / Physiological range	Жители Ханты-Мансийского автономного округа / Residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug (<i>n</i> = 155)				<i>p</i>
		Сургут и Ханты-Мансийск / Surgut and Khanty-Mansiysk (<i>n</i> = 84)		Нягань и Нефтеюганск / Nyagan and Nefteyugansk (<i>n</i> = 71)		
		<i>M</i> ± <i>σ</i>	25 ↔ 75	<i>M</i> ± <i>σ</i>	25 ↔ 75	
Fe	7–40	20,6 ± 1,4	15,7 ↔ 48,8	52,3 ± 8,5	34,9 ↔ 91	< 0,001
Mn	0,15–2	3,1 ± 0,3	1,9 ↔ 5,2	11,3 ± 1,9	2,6 ↔ 13,1	< 0,001
Ca	250–4000	899 ± 61,4	271 ↔ 1163	978 ± 74,5	356 ↔ 1319	0,410
Mg	25–500	152 ± 10,3	61 ↔ 389	175 ± 23,6	66 ↔ 429	0,348
Se	0,2–2	0,46 ± 0,02	0,15 ↔ 0,93	0,40 ± 0,01	0,11 ↔ 0,82	0,012

Таблица 2. Ранжирование обследованных лиц Ханты-Мансийского автономного округа по степени обеспеченности биоэлементами (абс./%)

Table 2. Distribution of the examined residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug by hair levels of microelements (n/%)

Химический элемент / Chemical element	Жители Ханты-Мансийского автономного округа / Residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug ($n = 155$)							
	Сургут и Ханты-Мансийск / Surgut and Khanty-Mansiysk ($n = 84$)				Нягань и Нефтеюганск / Nyagan and Nefteyugansk ($n = 71$)			
	норма / norm	дефицит 1–2 степени / deficiency, degrees 1–2	избыток 1–2 степени / excess, degrees 1–2	избыток 3–4 степени / excess, degrees 3–4	норма / norm	дефицит 1–2 степени / deficiency, degrees 1–2	избыток 1–2 степени / excess, degrees 1–2	избыток 3–4 степени / excess, degrees 3–4
Fe	63/75	4/4,8	7/8,3	10/11,9	37/52,1	2/2,8	15/21,1	17/24
Mn	62/73,8	2/2,4	9/10,7	11/13,1	34/47,9	–	20/28,1	17/24
Ca	56/66,7	21/25	7/8,3	–	49/69	17/24	5/7	–
Mg	63/75,0	9/10,7	12/14,3	–	53/74,6	7/9,9	11/15,5	–
Se	75/89,3	9/10,7	–	–	57/80,3	14/19,7	–	–

микроэлемента АОЗ организма человека – Se [27, 28] была статистически значимо выше ($p = 0,012$) у жителей городов с качественной водоподготовкой сравнительно со 2-й группой (табл. 1). Распространение дефицита Se среди обследованных лиц, проживающих в городах ХМАО с некачественной очисткой воды, двукратно превышала таковую у лиц 1-й группы (табл. 2).

Анализ показателей окислительно-антиоксидантной системы позволил установить, что средние значения содержания ГПл и ТБК-АП у жителей городов с качественной водоочисткой соответствовали нормативным значениям, а у обследованных лиц городов с некачественной водоподготовкой превышали верхний предел оптимальных величин ($p < 0,001$). Показатели АОС: ОАА и ТС у жителей Сургута и Ханты-Мансийска также соответствовали физиологически оптимальным значениям, в то время как у жителей Нягани и Нефтеюганска оказались меньше нижней границы оптимальных величин ($p < 0,001$, $p = 0,002$) (табл. 3). В табл. 4 показано распределение обследованных лиц ХМАО по показателям окислительного метаболизма.

Коэффициент окислительного стресса (КОС) является интегральным показателем, оценивающим дисбаланс между системами ПОЛ и АОС по соотношению прооксидантов и антиоксидантов. В нашем исследовании показатель КОС 5-кратно перекрывал верхний предел физиологически допустимой величины в группе обследуемых лиц, проживающих в городах с некачественной водоочисткой, и достоверно ($p < 0,001$) превышал аналогичный показатель у жителей городов с качественной водоподготовкой (табл. 3, 4). Средние показатели содержания витаминов-антиоксидантов С и Е в сыворотке крови у обследованных лиц 1-й группы локализовались у нижней границы физиологической нормы, а у представителей 2-й группы оказались меньше ее, однако достоверных межгрупповых отличий выявлено не было (табл. 3).

Нелишне подчеркнуть широко распространенное превышение активности ПОЛ и снижение АОС (табл. 3, 4) даже у жителей городов с оптимальной водоочисткой. Вероятно, это связано с достаточно интенсивно протекающими процессами ПОЛ у некоренного населения северных территорий по сравнению с жителями средних широт, что обусловлено хроническим экологически обусловленным окислительным стрессом [9, 14, 30].

Таким образом, окислительные процессы являются одним из факторов токсических воздействий тяжелых металлов, к которым относятся Fe и Mn, в результате чего наблюдается генерация избытка активных форм кислорода (АФК), повышенное количество которых инициирует запуск цепных реакций окислительного повреждения клеток [29].

Обсуждение. Глутатион-энзимный компонент играет исключительно важное значение в АОС организма человека и представлен ферментами: глутатионпероксидаза, глутатион-S-трансфераза, глутатионредуктаза [30–32]. Антиоксидантный фермент глутатионпероксидаза состоит из 4 составляющих, содержащих в своем составе Se в качестве активного центра [33]. Важно отметить тесную взаимосвязь между витамином Е и Se, коллективно защищающих ткани от повреждений свободными радикалами. Нелишне подчеркнуть факт повышения активности Se при наличии достаточного количества витамина Е [26].

С учетом явно выраженной недостаточной обеспеченности токоферолом пришлых жителей ХМАО дефицит у них Se представляется неизбежным. Поступление биоэлемента Se в живой организм напрямую зависит от его концентрации в почвах территории их проживания [9, 34]. В результате проведенных исследований показано, что территория ХМАО относится к регионам с низким содержанием Se в почве, природных водах и местных пищевых продуктах [9].

Итак, изучение параметров окислительного метаболизма позволило установить дисбаланс

Таблица 3. Показатели окислительного метаболизма у взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа
Table 3. Oxidative metabolism indicators in the adult population of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug

Показатель / Indicator	Физиологически оптимальные величины / Physiological optima	Жители Ханты-Мансийского автономного округа / Residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug (n = 155)				p
		Сургут и Ханты-Мансийск / Surgut and Khanty-Mansiysk (n = 84)		Нягань и Нефтеюганск / Nyagan and Nefteyugansk (n = 71)		
		M ± σ	min ↔ max	M ± σ	min ↔ max	
ГПл, мкмоль/л / Lipid hydroperoxide, μmol/L	225–450	342,4 ± 125,1	76,9 ↔ 958	456,7 ± 96,1	242 ↔ 1165	< 0,001
ТБК-АП, ммоль/л / Thiobarbituric acid reactive substances, μmol/L	2,2–4,8	3,4 ± 2,92	3,19 ↔ 4,61	5,2 ± 3,36	4,69 ↔ 5,98	< 0,001
ОАА, мкмоль/л / Total antioxidant capacity, μmol/L	0,5–2,0	1,16 ± 0,52	0,69 ↔ 1,76	0,48 ± 0,17	0,32 ↔ 0,49	< 0,001
ТС, ммоль/л / Thiol status, μmol/L	430–660	518,5 ± 184,8	352 ↔ 635	425,6 ± 172,3	234 ↔ 434	0,002
КОС, у.е / Oxidative stress index, CU	1,6–2,3	1,93 ± 0,34	1,78 ↔ 2,8	11,6 ± 1,5	4,7 ↔ 15,1	< 0,001
Витамин С, мг/л / Vitamin C, mg/mL	11,7–19,3	11,2 ± 1,5	3,9 ↔ 31,6	8,4 ± 1,1	4,1 ↔ 29,8	0,147
Витамин Е, мкг/мл / Vitamin E, μg/mL	5–18,0	4,6 ± 0,55	3,3 ↔ 8,2	3,2 ± 0,47	3,2 ↔ 7,9	0,060

Примечание: в данной и последующих таблицах: ГПл – гидроперекиси липидов; ТБК-АП – тиобарбитуровой кислоты активные продукты; ОАА – общая антиоксидантная активность; ТС – тиоловый статус; КОС – коэффициент окислительного стресса.

Таблица 4. Распределение обследованных лиц по показателям окислительного метаболизма (абс./%)

Table 4. Distribution of the examined residents by oxidative metabolism indicators (n/%)

Показатель окислительного метаболизма / Oxidative metabolism indicator	Жители Ханты-Мансийского автономного округа / Residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug (n = 155)							
	Сургут, Ханты-Мансийск / Surgut and Khanty-Mansiysk (n = 84)				Нягань, Нефтеюганск / Nyagan and Nefteyugansk (n = 71)			
	оптимальный / optimal	повышенный / elevated	высокий / high	низкий / low	оптимальный / optimal	повышенный / elevated	высокий / high	низкий / low
ГПл / Lipid hydroperoxide	65/77,4	12/14,2	4/4,8	3/3,6	9/12,7	48/67,6	14/19,7	–
ТБК-АП / Thiobarbituric acid reactive substances	84/100	–	–	–	7/9,8	55/77,5	9/12,7	–
ОАА / Total antioxidant capacity	75/89	–	–	9/11	14/19,7	–	–	57/80,3
ТС / Thiol status	48/57	–	–	36/43	5/7	–	–	66/93
Витамин С / Vitamin C	61/72,6	8/9,5	–	15/17,9	48/67,6	5/7,0	–	18/25,4
Витамин Е / Vitamin E	53/63,1	–	–	31/36,9	31/43,7	–	–	40/56,3

в системе ПОЛ-АОС в обеих группах обследованных лиц Севера, однако наиболее проявленный у жителей Нягани и Нефтеюганска.

С учетом антиоксидантного спектра действия витаминов С и Е и селена были изучены взаимосвязи между параметрами ПОЛ, АОС и микронутриентами у жителей городов, употребляющих питьевую воду недостаточной очистки (табл. 5). На передней линии АОС функционируют подвижные витамины-антиоксиданты С и Е, которые совместно способствуют привнесению Se в активный центр антиоксидантного фермента глутатионпероксидаза [25]. Это отражено прямыми взаимосвязями между витаминами С и Е ($r = +0,418$). Витамин Е предотвращает разрушение мембран клеток путем перехвата активных радикалов кислорода, но вследствие этого токоферол утрачивает антиоксидантную способность, восстановление которой происходит благодаря витамину С [35].

Токоферол как базисный антиоксидант мембран клеток активнее сравнительно с аскорбиновой кислотой, а его роль в качестве мембранопротектора является определяющей [35], что выражено обратными значимыми связями между продуктами ПОЛ: ГПл – витамин Е ($r = -0,647$), ТБК-АП – витамин Е ($r = -0,518$) (табл. 5).

Тесное взаимное потенцирование витамина Е и Se является таким высокоэффективным, что при недостатке токоферола данный микроэлемент, в сущности, утрачивает способность к антиоксидантной защите [9, 30], что отражено прямой сильной взаимосвязью между витамином Е и Se: $r = +0,817$.

Статус наиболее мощного антиоксиданта селена подтвержден наличием прямых взаимосвязей между Se – ОАА ($r = +0,784$) и Se – ТС ($r = +0,531$) и обратных взаимосвязей средней силы между показателями концентрации продуктов ПОЛ

Таблица 5. Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и обеспеченностью микронутриентами, принимающими участие в регуляции окислительного метаболизма, у населения гг. Нягань и Нефтеюганск

Table 5. Correlations between indicators of oxidative metabolism and the intake of micronutrients involved in its regulation in the population of the cities of Nyagan and Nefteyugansk

Показатели / Indicators	Коэффициент корреляции r / Correlation coefficient, r	p
Витамин Е ↔ витамин С / Vitamin E ↔ Vitamin C	+0,418	0,014
ГПл ↔ витамин Е / Lipid hydroperoxide ↔ Vitamin E	-0,647	< 0,001
ТБК-АП ↔ витамин Е / Thiobarbituric acid reactive substances ↔ Vitamin E	-0,518	0,012
Se ↔ витамин Е / Se ↔ Vitamin E	+0,817	< 0,001
Se ↔ ОАА / Se ↔ Total antioxidant capacity	+0,784	< 0,001
Se ↔ ТС / Se ↔ Thiol status	+0,531	0,009
Se ↔ ГПл / Se ↔ Lipid hydroperoxide	-0,679	< 0,001
Se ↔ ТБК-АП / Se ↔ Thiobarbituric acid reactive substances	-0,465	0,012
Fe ↔ ГПл / Fe ↔ Lipid hydroperoxide	+0,472	0,011
Fe ↔ ТБК-АП / Fe ↔ Thiobarbituric acid reactive substances	+0,415	0,013
Mn ↔ ГПл / Mn ↔ Lipid hydroperoxide	+0,413	0,014
Mn ↔ ТБК-АП / Mn ↔ Thiobarbituric acid reactive substances	+0,385	0,051
Fe ↔ ОАА / Fe ↔ Total antioxidant capacity	-0,521	0,009
Fe ↔ ТС / Fe ↔ Thiol status	-0,403	0,019
Mn ↔ ОАА / Mn ↔ Total antioxidant capacity	-0,432	0,010
Mn ↔ ТС / Mn ↔ Thiol status	-0,379	0,053
Ca ↔ Fe	-0,522	0,009
Ca ↔ Mn	-0,317	0,62

в крови и Se волосах: Se – ГПл ($r = -0,679$), Se – ТБК-АП ($r = -0,465$) (табл. 5).

Установлена связь между избыточным накоплением тяжелых металлов и образованием активных форм кислорода [15, 29]. Были выявлены прямые взаимосвязи между избыточным накоплением в организме жителей Нягани и Нефтеюганска тяжелых металлов и концентрацией продуктов ПОЛ в сыворотке крови: Fe – ГПл ($r = +0,472$) и Mn – ГПл ($r = +0,413$), а также Fe – ТБК-АП ($r = +0,415$) и Mn – ТБК-АП ($r = +0,385$). Соответственно, установлены обратные корреляционные связи Fe – ОАА ($r = -0,521$) и Mn – ОАА ($r = -0,432$), Fe – ТС ($r = -0,403$) и Mn – ТС ($r = -0,379$), свидетельствующие об активизации ПОЛ под воздействием нагрузки тяжелыми металлами [15, 29].

Известно, что Са не является элементом-антиоксидантом, однако он способен эффективно соперничать с тяжелыми металлами за место в активных центрах белков³. Это отображено обратными корреляционными связями между Са ↔ Fe ($r = -0,522$) и Са ↔ Mn ($r = -0,317$) (табл. 5).

Итак, выявленные нами взаимосвязи между параметрами окислительного метаболизма являются свидетельством ослабления антиоксидантной защиты и активизации перекисного окисления липидов у населения городов ХМАО с некачественной водоочисткой.

От состояния среды обитания напрямую зависит успешность охраны и укрепления здоровья населения [4, 6, 10]. Поэтому, воздействуя на естественное или обусловленное антропогенным воздействием нарушение баланса химических элементов в организме человека рационализацией питания, оптимизацией химического состава употребляемой с питьевой целью воды и профилактического применения необходимых для восстановления баланса химических элементов в виде витаминно-минеральных комплексов, можно достичь значимого улучшения здоровья населения, понизить заболеваемость и увеличить работоспособность населения.

Для обеспечения населения качественной и безопасной для здоровья питьевой водой, отвечающей требованиям гигиенических норм, предусмотрено проведение следующих мероприятий:

- постоянное проведение мониторинга за ходом реализации регионального целевого проекта «Чистая вода»⁴, оценке его результативности и эффективности;

- внедрение новых технологий по водоочистке;
- замена устаревших разводящих сетей;

- организация и обеспечение надлежащего производственного контроля качества воды на объектах хозяйственно-питьевого водоснабжения;

- организация и проведение мониторинга качества водопроводной воды для установления причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания.

Выводы

1. Средние значения концентрации Fe и Mn в волосах у жителей городов с недостаточно качественной очисткой питьевой воды были

достоверно больше аналогичных показателей у жителей городов, где водоочистка проводилась оптимально ($p < 0,001$). Выявлены достоверно более высокое содержание Se ($p = 0,012$) в группе жителей Сургута и Ханты-Мансийска по сравнению с группой жителей Нягани и Нефтеюганска.

2. У населения городов округа с недостаточно качественной очисткой питьевой воды установлены статистически значимо большие значения параметров ПОЛ (ГПл, ТБК-АП, КОС – $p < 0,001$) и меньшие – АОС (ОАА – $p < 0,001$; ТС – $p = 0,02$) сравнительно с аналогичными величинами у жителей городов с оптимальной водоподготовкой.

3. Анализ взаимосвязей показателей окислительного метаболизма позволил обнаружить значительные обратные взаимосвязи между концентрацией витамина Е и ГПл ($r = -0,647$); витамина Е и ТБК-АП ($r = -0,518$) в крови, а также более тесные прямые – между содержанием Se в волосах и ОАА ($r = +0,784$). Установлены прямые взаимосвязи между концентрацией Fe и Mn в волосах у населения городов с недостаточно качественной водоподготовкой и показателями ПОЛ (ГПл, ТБК-АП: $r = +0,472 \dots r = +0,385$) и, соответственно, обратные – между Fe и Mn в волосах показателями АОС (ОАА, ТС: $r = -0,521 \dots r = -0,379$).

Список литературы

1. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 8. С. 701–707. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707
2. Эльпинер Л.И. Медицинская гидрогеология – междисциплинарный раздел науки о подземных водах // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 9. С. 800–805. doi: 10.18821/0016-9900-2016-9-800-805
3. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспеченности населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 21–25.
4. Nelson L, Valle J, King G, et al. Estimating the proportion of childhood cancer cases and costs attributable to the environment in California. *Am J Public Health*. 2017;107(5):756-762. doi: 10.2105/AJPH.2017.303690
5. Цунина Н.М., Жернов Ю.В. Оценка риска здоровью населения г. Самары, связанного с химическим загрязнением питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 11 (308). С. 22–26. doi: 10.35627/2219-5238/2018-308-11-22-26
6. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(9):2078-2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
7. Bouchard MF, Sauvé S, Barbeau B, et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*. 2011;119(1):138-143. doi: 10.1289/ehp.1002321
8. Eggers MJ, Doyle JT, Lefthand MJ, et al. Community engaged cumulative risk assessment of exposure to inorganic well water contaminants, Crow Reservation, Montana. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):76. doi: 10.3390/ijerph15010076
9. Голубкина Н.А., Корчина Т.Я., Меркулова Н.Н. Обеспеченность селеном жителей г. Сургута Тюменской области // Экологические системы и приборы. 2004. № 3. С. 48–51.

³ Скальный А.В. Микроэлементы: изд. 4-е, переработанное. М.: Фабрика блокнотов, 2018. 295 с.

⁴ Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 26 июля 2019 г. № 239-п «О программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по повышению качества водоснабжения на период с 2019 по 2024 год (с изменениями на 27 декабря 2021 года) (в ред. постановлений Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 27.12.2019 № 545-п, от 14.08.2020 № 345-п, от 27.12.2021 № 626-п.

10. Ding Z, Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, China. *Environ Geochem Health*. 2014;36(3):399-408. doi: 10.1007/s10653-013-9568-1
11. Ngole-Jeme VM, Fantke P. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil. *PLoS One*. 2017;12(2):e0172517. doi: 10.1371/journal.pone.0172517
12. Notova SV, Kiyaeva EV, Radysh IV, Laryushina IE, Blagonravov ML. Element status of students with different levels of adaptation. *Bull Exp Biol Med*. 2017;163(5):590-593. doi: 10.1007/s10517-017-3855-2
13. Rapant S, Cvečková V, Fajčíková K, Dietzová Z, Stehliková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environ Geochem Health*. 2017;39(1):191-208. doi: 10.1007/s10653-016-9820-6
14. Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Корчин В.И. Избыточная концентрация марганца в питьевой воде и риск для здоровья населения Северного региона // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 2 (299). С. 28–33. doi: 10.35627/2219-5238/2019-299-2-28-33
15. Мажжаева Т.В., Дубенко С.Э., Чиркова И.А. Оценка уровня антиоксидантов в рационе рабочих, контактирующих с тяжелыми металлами на промышленном предприятии // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 2. С. 165–167. doi: 18821/0016-9900-2016-95-2-165-167
16. Menezes-Filho JA, de Carvalho-Vivas CF, Viana GF, et al. Elevated manganese exposure and school-aged children's behavior: a gender-stratified analysis. *Neurotoxicology*. 2014;45:293-300. doi: 10.1016/j.neuro.2013.09.006
17. Torres-Agustín R, Rodríguez-Agudelo Y, Schilman A, et al. Effect of environmental manganese exposure on verbal learning and memory in Mexican children. *Environ Res*. 2013;121:39-44. doi: 10.1016/j.envres.2012.10.007
18. Chiuvé SE, Korngold EC, Januzzi JL Jr, Gantzer ML, Albert CM. Plasma and dietary magnesium and risk of sudden cardiac death in women. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(2):253-260. doi: 10.3945/ajcn.110.002253
19. Fischer V, Haffner-Luntzer M, Amling M, Ignatius A. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur Cell Mater*. 2018;35:365-385. doi: 10.22203/eCM.v035a25
20. Gammoh NZ, Rink L. Zinc in infection and inflammation. *Nutrients*. 2017;9(6):624. doi: 10.3390/nu9060624
21. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7(9):8199-8226. doi: 10.3390/nu7095388
22. Kim HJ, Kim NK, Park HK, et al. Strong association of relatively low and extremely excessive iodine intakes with thyroid cancer in an iodine-replete area. *Eur J Nutr*. 2017;56(3):965-971. doi: 10.1007/s00394-015-1144-2
23. Martínez de Victoria E. [Calcium, essential for health]. *Nutr Hosp*. 2016;33(Suppl 4):341. (In Spanish.) doi: 10.20960/nh.341
24. Momčilović B. On decoding the syntax of the human hair bioelement metabolism. *Mikroelementy v Meditsine*. 2017;18(2):54-55. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-54-55
25. Skalný AV, Skalný MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
26. Карпова М.В., Землянова М.А., Мазунина Д.Л. Биомаркеры цитогенетических нарушений при внешнесредовой изолированной экспозиции населения марганцем, стабильным стронцием из питьевой воды. Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 102–105. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-102-105
27. Michalska-Mosiej M, Socha K, Soroczynska J, Karpinska E, Łazarczyk B, Borawska MH. Selenium, zinc, copper, and total antioxidant status in the serum of patients with chronic tonsillitis. *Biol Trace Elem Res*. 2016;173(1):30-34. doi: 10.1007/s12011-016-0634-2
28. Rayman MP. Selenium and human health. *Lancet*. 2012;379(9822):1256-1268. doi: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9
29. Ercal N, Gurer-Orhan H, Aykin-Burns N. Toxic metals and oxidative stress part I: mechanisms involved in metal-induced oxidative damage. *Curr Top Med Chem*. 2001;1(6):529-539. doi: 10.2174/1568026013394831
30. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Анализ глутатионного звена антиоксидантной системы защиты у мужчин северного региона с различным уровнем антропогенной нагрузки // Технологии живых систем. 2019. Т. 16. № 3. С. 47–55. doi: 10.18127/j20700997-201903-04
31. Zhu Y, Carvey PM, Ling Z. Altered glutathione homeostasis in animals prenatally exposed to lipopolysaccharide. *Neurochem Int*. 2007;50(4):671-680. doi: 10.1016/j.neuint.2006.12.013
32. Hatfield DL, Tsuji PA, Carlson BA, Gladyshev VN. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development. *Trends Biochem Sci*. 2014;39(3):112-120. doi: 10.1016/j.tibs.2013.12.007
33. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutr Rev*. 2012;70(5):257-265. doi: 10.1111/j.1753-4887.2012.00476.x
34. Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, Key TJ. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition – Oxford study. *Nutr Res*. 2016;36(5):464-477. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016
35. Ших Е.В., Махова А.А. Роль аскорбиновой кислоты и токоферола в профилактике и лечении заболеваний с точки зрения доказательной медицины // Терапевтический архив. 2015. Т. 87. № 4. С. 98–102. doi: 10.17116/terarkh201587498-102

References

1. Rakhmanin YuA. Actualization of methodological problems of regulation of chemical pollution on the environment. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(8):701-707. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-701-707
2. Elpiner LI. Medical hydrogeology is an independent interdisciplinary branch of the science about groundwater. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(9):800-805. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-9-800-805
3. Yakubova ISH, Mel'tser AV, Erastova NV, Bazilevs-kaya EM. Hygienic evaluation of the delivery of physiologically wholesome drinking water to the population of St. Petersburg. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(4):21-25. (In Russ.)
4. Nelson L, Valle J, King G, et al. Estimating the proportion of childhood cancer cases and costs attributable to the environment in California. *Am J Public Health*. 2017;107(5):756-762. doi: 10.2105/AJPH.2017.303690
5. Tsunina NM, Zhernov YuV. Health risk assessment of the population in Samara associated with chemical contamination of drinking water. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(11(308)):22-26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-308-11-22-26
6. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(9):2078-2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
7. Bouchard MF, Sauvé S, Barbeau B, et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*. 2011;119(1):138-143. doi: 10.1289/ehp.1002321
8. Eggers MJ, Doyle JT, Lefthand MJ, et al. Community engaged cumulative risk assessment of exposure to inorganic well water contaminants, Crow Reservation, Montana. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):76. doi: 10.3390/ijerph15010076
9. Golubkina NA, Korchina TYa, Merkulova NN. [Provision of selenium to residents of Surgut, Tyumen region.] *Ekologicheskie Sistemy i Prirody*. 2004;(3):48-51. (In Russ.)
10. Ding Z, Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, Chi-

- na. *Environ Geochem Health*. 2014;36(3):399-408. doi: 10.1007/s10653-013-9568-1
11. Ngole-Jeme VM, Fantke P. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil. *PLoS One*. 2017;12(2):e0172517. doi: 10.1371/journal.pone.0172517
 12. Notova SV, Kiyaeva EV, Radysh IV, Laryushina IE, Blagonravov ML. Element status of students with different levels of adaptation. *Bull Exp Biol Med*. 2017;163(5):590-593. doi: 10.1007/s10517-017-3855-2
 13. Rapant S, Cvečková V, Fajčíková K, Dietzová Z, Stehliková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environ Geochem Health*. 2017;39(1):191-208. doi: 10.1007/s10653-016-9820-6
 14. Korchina TYa, Minyaylo LA, Korchin VI. Excessive concentration of manganese in drinking water and risk to the health of the population of the northern region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(2(299)):28-33. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-299-2-28-33
 15. Mazhaeva TV, Dubenko SE, Chirkova IA. Antioxidants level assessment in the diet of workers contacting with heavy metals at industrial enterprise. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(2):165-167. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-165-167
 16. Menezes-Filho JA, de Carvalho-Vivas CF, Viana GF, et al. Elevated manganese exposure and school-aged children's behavior: a gender-stratified analysis. *Neurotoxicology*. 2014;45:293-300. doi: 10.1016/j.neuro.2013.09.006
 17. Torres-Agustín R, Rodríguez-Agudelo Y, Schilman A, et al. Effect of environmental manganese exposure on verbal learning and memory in Mexican children. *Environ Res*. 2013;121:39-44. doi: 10.1016/j.envres.2012.10.007
 18. Chiuvé SE, Korngold EC, Januzzi JL Jr, Gantzer ML, Albert CM. Plasma and dietary magnesium and risk of sudden cardiac death in women. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(2):253-260. doi: 10.3945/ajcn.110.002253
 19. Fischer V, Haffner-Luntzer M, Amling M, Ignatius A. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur Cell Mater*. 2018;35:365-385. doi: 10.22203/eCM.v035a25
 20. Gammoh NZ, Rink L. Zinc in infection and inflammation. *Nutrients*. 2017;9(6):624. doi: 10.3390/nu9060624
 21. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7(9):8199-8226. doi: 10.3390/nu7095388
 22. Kim HJ, Kim NK, Park HK, et al. Strong association of relatively low and extremely excessive iodine intakes with thyroid cancer in an iodine-replete area. *Eur J Nutr*. 2017;56(3):965-971. doi: 10.1007/s00394-015-1144-2
 23. Martínez de Victoria E. [Calcium, essential for health]. *Nutr Hosp*. 2016;33(Suppl 4):341. (In Spanish.) doi: 10.20960/nh.341
 24. Momčilović B. On decoding the syntax of the human hair bioelement metabolism. *Mikroelementy v Meditsine*. 2017;18(2):54-55. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-54-55
 25. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
 26. Karpova MV, Zemlyanova MA, Mazunina DL. Biomarkers of cytogenetic disorders under the external environmental isolated exposure of manganese and stable strontium from drinking water. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(1):102-105. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-102-105
 27. Michalska-Mosiej M, Socha K, Soroczyńska J, Karpńska E, Łazarczyk B, Borawska MH. Selenium, zinc, copper, and total antioxidant status in the serum of patients with chronic tonsillitis. *Biol Trace Elem Res*. 2016;173(1):30-34. doi: 10.1007/s12011-016-0634-2
 28. Rayman MP. Selenium and human health. *Lancet*. 2012;379(9822):1256-1268. doi: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9
 29. Ercal N, Gurer-Orhan H, Aykin-Burns N. Toxic metals and oxidative stress part I: mechanisms involved in metal-induced oxidative damage. *Curr Top Med Chem*. 2001;1(6):529-539. doi: 10.2174/1568026013394831
 30. Korchina TYa, Korchin VI. Analysis of glutathione part of the antioxidant protective system of males of the northern region with various levels of human induced pressures. *Tekhnologii Zhivikh Sistem*. 2019;16(3):47-55. (In Russ.) doi: 10.18127/j20700997-201903-04
 31. Zhu Y, Carvey PM, Ling Z. Altered glutathione homeostasis in animals prenatally exposed to lipopolysaccharide. *Neurochem Int*. 2007;50(4):671-680. doi: 10.1016/j.neuint.2006.12.013
 32. Hatfield DL, Tsuji PA, Carlson BA, Gladyshev VN. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development. *Trends Biochem Sci*. 2014;39(3):112-120. doi: 10.1016/j.tibs.2013.12.007
 33. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutr Rev*. 2012;70(5):257-265. doi: 10.1111/j.1753-4887.2012.00476.x
 34. Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, Key TJ. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition – Oxford study. *Nutr Res*. 2016;36(5):464-477. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016
 35. Shikh EV, Makhova AA. Role of ascorbic acid and tocopherol in the prevention and treatment of diseases from the standpoint of evidence-based medicine. *Terapevticheskiy Arkhiv*. 2015;87(4):98-102. (In Russ.) doi: 10.17116/terarkh201587498-102



© Коллектив авторов, 2022

УДК 613.955: 613.956

**Риски ухудшения зрения и его прогрессирования у детей и подростков в современных условиях обучения и воспитания (научный обзор)**Е.И. Шубочкина¹, О.А. Вятлева¹, Е.Г. Блинова²¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский пр., д. 2, стр. 1, г. Москва, 119296, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 12, г. Омск, 644099, Российская Федерация**Резюме****Введение.** В условиях активного внедрения цифровых технологий и средств обучения появляются риски развития нарушения зрения у детей и подростков как наиболее активной части пользователей цифрового пространства.**Цель:** на основании анализа научных публикаций оценить риски появления и развития нарушений зрения у детей и подростков на фоне широкого внедрения цифровых технологий в повседневную жизнь и процесс обучения для выбора направлений профилактики заболеваний органов зрения и их прогрессирования.**Материалы и методы.** Осуществлен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов и платформ eLIBRARY.ru, PubMed, Web of Science и Scopus за период 2007–2021 гг. Было отобрано 48 публикаций, содержащих доказанную оценку рисков появления и развития нарушений зрения у детей и подростков, связанных с временем использования цифровых технологий в обычных условиях и в период пандемии COVID-19 при необходимости особенно интенсивного использования дистанционных форм обучения.**Результаты.** Показаны сочетанные риски роста нарушений зрения и костно-мышечной системы при нарушении гигиенических требований к организации работы учащихся при использовании различных гаджетов (освещенность, рабочая поза, расстояние до экрана, продолжительность). Оценены сопутствующие факторы риска ухудшения зрения, обусловленные дефицитом питания по обеспеченности аминокислотами, витаминами, преимущественно витамином D.**Заключение.** Выделены группы повышенного риска ухудшения зрения по показателям состояния здоровья и интенсивности использования цифровой среды. Указаны основные методические и нормативные документы, использование которых позволит снизить риски нарушений зрения детей, подростков, студентов. Предложены актуальные направления исследований по теме обзора для сохранения зрения обучающихся.**Ключевые слова:** обзор литературы, заболевания глаз, риски ухудшения зрения, гаджеты, цифровизация образования, дистанционное обучение, питание, школьники, студенты, регламенты.**Для цитирования:** Шубочкина Е.И., Вятлева О.А., Блинова Е.Г. Риски ухудшения зрения и его прогрессирования у детей и подростков в современных условиях обучения и воспитания (научный обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 22–30. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-22-30>**Сведения об авторах:****Шубочкина** Евгения Ивановна – д.м.н., главный научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены детей и подростков ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России; e-mail: evshub@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>.**Вятлева** Ольга Алексеевна – ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук лаборатории комплексных проблем гигиены детей и подростков ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России; e-mail: olgavyat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2940-1855>.**Блинова** Елена Геннадьевна – д.м.н., профессор кафедры общей гигиены, гигиены детей и подростков ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: hygienebeg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8725-7084>.**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн обзорно-аналитического исследования: Шубочкина Е.И.; сбор данных литературы: Вятлева О.А., Блинова Е.Г.; систематизация данных литературы: Шубочкина Е.И.; анализ и обобщение данных литературы: Шубочкина Е.И., Вятлева О.А.; подготовка рукописи: Шубочкина Е.И., Вятлева О.А. 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: 14.01.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Risks of Visual Impairment and Its Progression in Children and Adolescents under Modern Conditions of Education and Upbringing: A Scientific ReviewEvgenyia I. Shubochkina,¹ Olga A. Vyatleva,¹ Elena G. Blinova²¹National Medical Research Center for Children's Health,
Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 111999, Russian Federation²Omsk State Medical University, 12 Lenin Street, Omsk, 644099, Russian Federation**Summary****Introduction:** Intensive introduction of digital technologies and educational tools poses risks of visual impairment in children and adolescents as the most active users of the digital space.**Objective:** To assess risks of visual impairment in children and adolescents in the context of active dissemination of digital technologies in education and everyday life based on a literature review in order to choose directions for pediatric prevention of eye diseases.**Materials and methods:** We did a review of Russian and English language scientific literature published in 2007–2021, found on eLIBRARY.ru, PubMed, Web of Science, and Scopus information portals and platforms. We selected 48 articles containing an evidence-based assessment of risks of eye diseases related to e-learning and long screen time in children and adolescents, especially during the COVID-19 pandemic and associated lockdown.**Results:** We observed combined risks of visual impairment and musculoskeletal disorders due to violation of hygienic requirements for illumination, working posture, distance to the screen, and screen time when using various gadgets. Concomitant risk factors for eye diseases related to vitamin D deficiency were evaluated.**Conclusions:** We identified groups at risk of visual impairment based on health indicators and the intensity of using the digital environment. We also specified basic methodological and regulatory documents, the compliance with which could reduce

the risks of visual impairment in children, adolescents, and students, and proposed up-to-date directions of research on the topic of the review for maintenance of eye health.

Keywords: literature review, eye diseases, risks of visual impairment, gadgets, digitalization of education, distance learning, nutrition, schoolchildren, students, regulations.

For citation: Shubochkina EI, Vyatleva OA, Blinova EG. Risks of visual impairment and its progression in children and adolescents under modern conditions of education and upbringing: A scientific review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):22–30. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-22-30>

Author information:

✉ Evgeniya I. **Shubochkina**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Laboratory of Integrated Child and Adolescent Hygiene, National Medical Research Center for Children's Health; e-mail: evshub@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>.

Olga A. **Vyatleva**, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Integrated Child and Adolescent Hygiene, National Medical Research Center for Children's Health; e-mail: olgavyat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2940-1855>.

Elena G. **Blinova**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of General Hygiene, Hygiene of Children and Adolescents, Omsk State Medical University; e-mail: hygienebeg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8725-7084>.

Author contributions: study conception and design: *Shubochkina E.I.*; data collection: *Vyatleva O.A., Blinova E.G.*; systematization of literary data: *Shubochkina E.I.*; data analysis and summarization: *Shubochkina E.I., Vyatleva O.A.*; draft manuscript preparation: *Shubochkina E.I., Vyatleva O.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: This study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: January 14, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. ВОЗ в 2021 году опубликовала первый Всемирный доклад о проблемах зрения, в котором отмечается высокое число случаев нарушения зрения и слепоты — 2 миллиарда, в том числе половина из них связана с отсутствием профилактики или лечения¹. Среди факторов, влияющих на наиболее распространенное заболевание глаз — миопию (близорукость), указаны большие зрительные нагрузки, связанные с деятельностью на близком расстоянии, длительное пребывание в помещениях. Высказано предположение, что снизить риски роста миопии может увеличение времени пребывания на открытом воздухе. Данные официальной статистики Российской Федерации о заболеваемости детей 0–14 лет в 2019 году² указывают на сохранение тенденций роста случаев первичной заболеваемости миопией по сравнению с 2018 годом с 953,5 до 1019,5 случая на 100 тыс. Показатели первичной заболеваемости подростков 15–17 лет за этот период также характеризуются ростом миопии с 2181,6 случая на 100 тыс. в 2018 году до 2382,9 в 2019 году³. Такие тенденции по статистическим данным прослеживаются с 2000 года. Имеет место рост общей заболеваемости на 35,8 %, увеличение заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани в 1,6 раза, болезней глаза и его придаточного аппарата — в 1,4 раза. Впервые зарегистрированная заболеваемость подростков 15–17 лет за период с 2000 по 2017 г. выросла на 35,0 %, число болезней глаза и его придаточного аппарата увеличилось в 1,4 раза [1]. Региональные данные по результатам диспансеризации детей дошкольно-школьного возраста также показывают аналогичные изменения структуры патологической пораженности с увеличением возраста. Если у детей 5–9 лет в структуре заболеваний первые четыре места занимают болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (27,1 %), второе место приходится на болезни органов дыхания (22,3 %), третье — на заболевания органов пищеварения (11,1 %), и четвертое — на болезни кожи (9,7 %), то в возрастной группе 10–14 лет в структуре

патологической пораженности на первое место выходят болезни глаза и его придаточного аппарата — 24,1 %, далее болезни органов дыхания — 22,9 %, болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани — 21,7 % [2].

Перечисленные выше заболевания (функциональные нарушения костно-мышечной системы, системы кровообращения, органа зрения, нервно-психические расстройства, заболевания органов пищеварения) относятся к так называемым школьно-обусловленным, их частота увеличивается за время обучения в школе. Они связываются с влиянием различных факторов риска образовательной среды, таких как: несоответствующие гигиеническим требованиям условия обучения и воспитания, высокие учебные нагрузки, нездоровое питание, несоответствующий образ жизни, дефицит двигательной активности [3–6].

Создание в образовательных организациях оптимальных микроклиматических условий, благоприятной визуальной среды, обеспечение обучающихся рабочими местами в соответствии с ростовозрастными данными являются важными мерами по сохранению и укреплению их здоровья. Это позволит снизить возможные риски здоровью, в том числе риски нарушения зрения, связанные с особенностями образовательной деятельности и условиями школьной среды. Исследования, выполненные в последние годы, связывают негативные тенденции в показателях состояния зрения у детей и подростков также с внедрением различных электронных средств в учебную и досуговую деятельность. Правительством Российской Федерации была разработана Концепция информационной безопасности детей⁴. Основной целью указанного документа является обеспечение таких условий современной информационной среды, которые бы обеспечивали позитивную социализацию детей и подростков, их личностное, познавательное и физическое развитие, сохранение психического и психологического здоровья и благополучия. Необходимо формирование у молодого поколения навыков самостоятельного и ответственного

¹ Доступно по: <https://www.who.int/ru/news/item/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>.

² Статистические материалы. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Часть V. Москва. 2020. Доступно по: <http://www.demoscope.ru/weekly/2020/0881/biblio05.php>

³ Статистические материалы. Заболеваемость детского населения России (15–17 лет) в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Часть IX. Москва. 2020. Доступно по: http://miaceao.ru/wp-content/uploads/2020/07/01_Zabolevaemost-vsego-naseleniya-Rossii-v-2019-godu.pdf

⁴ Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201512070019>.

использования информационной продукции, а также адекватных представлений об окружающем мире и человеке в гиперинформационном обществе [7]. Все это делает актуальным изучение публикаций по проблемам, связанным с использованием цифровых технологий детьми и подростками и их влиянием на зрение, самочувствие и образ жизни.

Цель настоящего обзора — на основании анализа научных публикаций оценить риски появления и развития нарушений зрения у детей и подростков в условиях активного внедрения цифровых технологий в обучение и повседневную жизнь для выбора направлений профилактики заболеваний органов зрения и их прогрессирования.

Материалы и методы. Осуществлен научный обзор исследований на русском и английском языках с использованием информационных порталов и платформ eLIBRARY.ru, PubMed, Web of Science и Scopus за период 2007–2021 гг. Было отобрано 48 публикаций, содержащих доказанную оценку рисков появления и развития нарушений зрения у детей и подростков в условиях активного внедрения цифровых технологий в обучение, повседневную жизнь в обычных условиях, в том числе и в период пандемии COVID-19 при использовании дистанционных форм обучения. В образовательных программах заложено освоение информационных технологий уже с первых лет обучения. Электронное обучение сопряжено с такими факторами риска для здоровья учащихся, как интенсификация интеллектуальной деятельности, увеличение зрительной и статической нагрузок, психологический дискомфорт. В этих условиях особое значение имеют безопасность используемых информационно-коммуникационных технологий и режимы организации работы с ними учащихся разного возраста. Эффективность мер по снижению утомительного влияния обучения в условиях цифровой образовательной среды во многом зависит от знаний и компетенции педагогов в вопросах безопасного использования электронных средств обучения [8]. Оценка структуры хронических заболеваний у подростков на региональном уровне показывает возможность связи между интенсивным использованием электронных средств обучения (ЭСО) и показателями состояния здоровья: патология органов зрения (с преобладанием миопии) занимает второе место после заболеваний желудочно-кишечного тракта, третье место занимают болезни опорно-двигательного аппарата (плоскостопие и сколиоз), далее ожирение [9].

При клинической диагностике нарушений зрения (авторефрактометрия, визометрия, непрямая офтальмоскопия) выявлено влияние цифровых технологий на формирование заболеваний глаза и его придаточного аппарата у школьников 1–11-х классов [10]. Показано, что использование ЭСО значительно возрастает от первого к пятому классу и особенно значительно в старших классах (в 2,7 раза по сравнению с 1-м классом). За период школьного обучения частота встречаемости гиперметропии однонаправленно снижалась при росте числа детей с миопией в 2,1 раза. Установлено, что риск развития миопии увеличивался в 1,8 раза ($OR = 1,8$; 95 % CI: 1,21–3,61; $p < 0,05$) при использовании цифровых устройств 6 часов и более в течение дня. Сделаны обоснованные выводы, что длительное использование различных

цифровых устройств следует рассматривать как один из факторов риска развития нарушений зрения у обучающихся.

Оценка динамики состояния органа зрения по данным медицинских карт, начиная с дошкольного возраста, показала, что у дошкольников нарушения зрения составляли 14,8 %, чаще имел место астигматизм, а затем миопия, среди обучающихся 2–4-х классов нарушения зрения составляли 27,7 %, в 5–11-х классах — 43,4 % [11]. Продолжительность работы за компьютером у 70 % младших школьников составляла не более 1 часа 15 мин в день, у обучающихся в средней школе — 3,5 часа с использованием различных гаджетов, включая время поиска информации и досуг в интернете. Авторы связывают рост нарушений зрения с негативным влиянием зрительной нагрузки при использовании ЭСО и интернета, превышающей рекомендованные нормы.

Неблагоприятное влияние ЭСО на зрение школьников и студентов при обучении и коммуникациях вне учебной деятельности доказано в ряде исследований. Современные школьники и студенты тратят большое количество времени на использование электронных устройств, что приводит к появлению различных жалоб астенопического характера и влияет на их самочувствие, сокращает другие режимные моменты — сон, двигательную активность, прием пищи и т. д. Авторы полагают, что частота использования электронных устройств школьниками является этиологической составляющей в развитии приобретенной близорукости [12]. Показано, что у тех, кто проводил дома в интернет-пространстве для выполнения учебных заданий и досуга суммарно более 4 часов (с разбросом до 7–8 часов), увеличивались жалобы на головные боли ($RR = 1,778$; 95 % CI: 0,747–4,234, $EF = 43,75$), жалобы на снижение зрения за последний год ($RR = 1,448$; 95 % CI: 0,867–2,418, $EF = 30,93$) по сравнению с теми, кто использовал цифровое пространство менее 4 часов [13]. Результаты выполненных комплексных исследований позволили обосновать гигиенические принципы организации обучения в условиях цифровой образовательной среды, позволяющие использовать позитивные возможности работы с ЭСО при ограничении их неблагоприятного влияния на детей разного возраста [14].

Результаты изучения влияния цифровых технологий на состояние зрения подтверждаются зарубежными данными, полученными на больших выборках детей и подростков. В исследовании 7680 детей 5–16 лет с учетом состояния зрения (миопию и сильную миопию определяли по показателю сферического эквивалента, соответственно, менее 0,5 D и менее 6,0 D) оценивали риски прогрессирования нарушений зрения. Было установлено, что при пользовании компьютером возрастает риск развития миопии ($OR = 1,17$; 95 % CI: 1,03–1,32; $p = 0,015$), в том числе сильной миопии ($OR = 2,31$; 95 % CI: 1,17–4,57; $p = 0,016$) [15]. Выявлена зависимость между частотой миопии и длительностью игры на компьютере и смартфоне. Риск миопии отмечался у детей, которые играли на компьютере 1–4 часа в неделю ($OR = 4,5$; 95 % CI: 2,33–8,98; $p < 0,001$), и возрастал при увеличении этого времени до более 4 часов в неделю ($OR = 8,1$; 95 % CI: 4,05–16,2; $p < 0,001$) [16].

Исследование 2238 подростков 12–15 лет показало повышение риска развития миопии ($OR = 1,02$; 95 % CI: 1,00–1,04; $p = 0,022$) при увеличении времени использования компьютера до $4,9 \pm 6,5$ часа в неделю по сравнению теми, кто использовал его $4,3 \pm 6,4$ часа [17]. Изучение данных 19 934 детей 10 лет обнаружило связь частоты миопии с использованием компьютера более 60 мин в день ($p = 0,011$), а также с использованием смартфона ($p = 0,001$) [18].

У детей с миопией как до, так и через 4 года после ее появления время, проведенное у экрана компьютера, было на 0,7–1,6 часа выше, чем у детей с нормальным зрением ($p < 0,05$) [19]. По данным исследования 7497 детей 5–7 лет частота встречаемости миопии возрастала при увеличении нагрузок в ближнем поле зрения (чтение книг, письмо, использование гаджетов). Риск миопии, связанный с использованием смартфона и планшета, отмечен лишь у детей 7 лет ($OR = 1,28$; 95 % CI: 1,13–1,44), которые, в отличие от младших детей, более интенсивно используют гаджеты [20]. Установлено, что использование экранных медиаустройств в ночное время в течение 1 часа приводило к нарушению сна и снижению показателей качества жизни [21]. Величина связей была более сильной в случае использования мобильных телефонов в темной комнате по сравнению с освещенной. В отдельных исследованиях не подтверждена связь между длительностью использования экрана у детей 8–9 лет и появлением миопии в будущем [22], а также влияние использования экрана на развитие миопии у детей 5–15 лет [23–28].

В настоящее время описаны различные жалобы на зрение, связанные с работой за экраном компьютера, которые получили название компьютерный зрительный синдром (КЗС или CVS): напряжение и усталость глаз, раздражение, жжение, покраснение, сухость глаз и др. [29, 30].

Неблагоприятное влияние экрана компьютера на орган зрения связано с характером предъявляемой информации [31]. Оно определяется следующими особенностями:

1) изображение на экране светящееся, яркое, причем в спектре свечения экрана повышена доля синего компонента;

2) экранное изображение состоит из отдельных точек (пикселей), не имеет четких границ и необходимой контрастности, что при пользовании смартфонами усугубляется малыми размерами изображения;

3) гладкая поверхность экрана при недостаточно отрегулированной освещенности рабочего места может создавать блики, затрудняющие восприятие текста;

4) длительная работа с экраном компьютера ведет к недостаточному увлажнению глаз и развитию синдрома «сухого глаза»;

5) при работе на компьютере необходимо постоянно перемещать взгляд с экрана на клавиатуру и обратно, что способствует повышенному утомлению глазных мышц;

6) при использовании гаджетов (смартфона, планшета, ноутбука) у детей возрастают зрительные нагрузки в ближнем поле зрения, которые способствуют развитию близорукости.

Закрытие школ в период новой коронавирусной инфекции COVID-19 и перевод учащихся на

режим дистанционного обучения (ДО), который осуществляется с повышенным использованием современных цифровых технологий, способствовали росту негативных проявлений для здоровья обучающихся. Онлайн опрос учащихся (29 779 человек) показал значительный прирост времени использования компьютерных образовательных технологий в апреле – мае 2020 г. Установлено, что почти половина (46,7 %) обучающихся из разных регионов России стала больше времени проводить за компьютером или смартфоном на уроках в образовательных организациях и при выполнении домашних заданий, 35,6 % – общаться в социальных сетях [32]. Длительное время, проводимое за экраном компьютера или смартфона, сопровождалось снижением физической активности обучающихся, уменьшением времени прогулок. Результаты опроса свидетельствовали, что 30,7 % респондентов отмечали симптомы КЗС. Стрессовая ситуация в условиях самоизоляции и ДО ухудшала психосоматическое состояние большинства школьников.

По данным других авторов, более 60 % старшеклассников в условиях дистанционного обучения проводили за компьютером свыше 6 часов в день, включая онлайн-уроки, выполнение домашнего задания на образовательных онлайн-платформах и досуговое время. В этих условиях жалобы на изменения со стороны органов зрения после онлайн-уроков отметили 47 % старшеклассников. Сопутствующими жалобами при длительном использовании ЭСО были мышечные боли в шее, спине и кистях рук [33].

Онлайн-опросы школьников, учителей и родителей, проведенные в период традиционного обучения и ДО, показали увеличение числа используемых электронных устройств и времени работы с ними у 96,6 % школьников при ДО. Рост числа жалоб на самочувствие учащихся отметили до 80 % родителей, более 60 % указывали на симптомы, характерные для компьютерно-зрительного синдрома. Показан риск субъективной оценки зрения как «удовлетворительное» и «плохое» при ежедневном использовании электронного устройства: для школьников 1,13, родителей – 1,41, учителей – 1,27 ($p \leq 0,05$). В качестве меры профилактики нарушений зрения подтвержден отказ от использования электронного устройства минимум на один день в неделю [34]. Следствием домашнего онлайн-обучения может быть развитие и/или обострение близорукости в связи с продолжительностью и интенсивностью работы на близком расстоянии (чтение и письмо) и недостаточным временем, проведенным на открытом воздухе. Факторами, определяющими взаимосвязь между временем, проведенным на открытом воздухе, и близорукостью, являются яркость и хроматический спектр света, периферическая расфокусировка зрения и циркадианные ритмы [35].

Другие авторы, сделавшие обзор публикаций, пришли к выводам, что есть веские доказательства того, что пребывание на ярком свете может снизить риск миопии. Высказывается сомнение, что витамин D, физическая активность и работа вблизи могут опосредовать связь между временем, проведенным на открытом воздухе, и близорукостью [36]. Была изучена эффективность школьной программы по продвижению активного отдыха на Тайване для профилактики близорукости (не

менее 11 часов в неделю на воздухе). В группу вмешательства входило 267 школьников первых классов и 426 — в группу контроля. Проводилось офтальмологическое обследование детей, регистрировалась освещенность, использовались дневники и анкеты детей (с помощью родителей). Установлено, что защитные эффекты были значительными как у детей без миопии (меньший миопический сдвиг и осевое удлинение), так и у близоруких детей: было на 54 % меньше риска быстрого прогрессирования миопии по сравнению с контрольной группой. Авторы полагают, что освещенность не обязательно должна быть высокой, полезной является относительно более низкая интенсивность наружного освещения при более длительном пребывании на открытом воздухе [37].

На выборке младших школьников в течение одного года наблюдения было установлено, что независимо от наследственных факторов ежедневная учебная нагрузка, поддержание неподходящего расстояния для глаз при работе вблизи, выбор неадекватных условий освещения и длительная работа вблизи без отдыха для глаз были факторами риска изменения биометрических параметров глаз, связанных с близорукостью [38]. Была оценена частота возникновения миопии, изменения рефракции и факторы, влияющие на группу отобранных старшеклассников, обучающихся в профильном классе подготовки курсантов авиации в Китае. Лонгитудинальные обследования (с 9-го по 11-й класс) показали, что более продолжительное время нахождения на открытом воздухе было защитным фактором как для появления миопии, так и для рефракционного изменения миопического сдвига глаза. Факторы риска развития миопии включали более низкую исходную гиперметропическую рефракцию глаза, работу вблизи и миопию матери. Факторы риска рефракционного изменения миопического сдвига включали большую гиперметропическую исходную рефракцию глаз и большую часть работы вблизи [39].

Исследования по близорукости у детей были критически проанализированы на предмет методологии исследования и достоверности данных. В обзор литературы авторы включили восемьдесят исследований [40]. Распространенность близорукости остается более высокой в Азии (60 %) по сравнению с Европой (40 %) при использовании рефракционных исследований. Исследования, в которых не проводились офтальмологические измерения, показывают исключительно высокие показатели распространенности близорукости среди школьников в Восточной Азии (73 %) и высокие показатели в Северной Америке (42 %). Низкая распространенность заболеваний — менее 10 % — была описана у детей из Африки и Южной Америки. К факторам риска развития близорукости, помимо указанных предыдущими авторами, добавлено использование светодиодных ламп при выполнении домашних заданий. Таким образом, авторы высказали мнение, что показатели распространенности близорукости в исследованиях без офтальмологического подтверждения оказываются завышенными, и рекомендуют рассматривать данные по миопии только при диагностическом подтверждении. Также установлено, что повышению распространенности жалоб со стороны

органов зрения способствует доступность ресурсов и книг в интернете. Это приводит к сокращению чтения текстов на бумажных носителях, оказывающего менее утомительное воздействие на зрение, чем чтение информации с экрана электронных средств [41].

В группы высокого риска нарушения и прогрессирования заболеваний глаз следует включать дошкольников и школьников, уже имеющих нарушения зрения различного характера, с впервые выявленной миопией, прогрессированием миопии, спазмом аккомодации, симптомами компьютерного зрительного синдрома, а также с дисплазией соединительной ткани, способствующей появлению и прогрессированию миопии. Сравнительные данные показывают, что обследование старшеклассников выявило миопию у 20,6 % обучающихся с дисплазией соединительной ткани (ДСТ) и у 9,6 % контрольной группы ($p < 0,05$) [42]. Изучение 1211 медицинских амбулаторных карт показало, что в группе подростков с ДСТ достоверно чаще по сравнению с группой условно здоровых имелись нарушения осанки и/или сколиотическая деформация позвоночника I степени (OR 2,3; 95 % CI: 1,8–2,9), плоскостопие (OR 1,7; 95 % CI: 1,23–2,31), патология органов зрения (миопия OR 1,7; 95 % CI: 1,24–2,22), вегетососудистая дистония (OR 1,9; 95 % CI: 1,29–2,74) [43]. Сходные данные получены в отношении связи нарушений костно-мышечной системы с миопией [44]. Это относится к состоянию и роли *musculus erector spinae* (мышцы, выпрямляющей позвоночник). Функциональная слабость (недостаточность) указанной мышцы препятствует одной из причин развития близорукости — снятию длительного напряжения аккомодации, постепенно переходящего в спазм, являющийся одной из причин развития близорукости. Показано на группе наблюдения, что укрепление мышц спины (особенно в области шейного и грудного отделов позвоночника) является необходимым условием для сохранения безопасной длины и стабильности фокусного расстояния от глаза до текста и облегчения процесса аккомодации.

Важным условием сохранения зрения является сбалансированное питание обучающихся в образовательных организациях и в семье. Уровень содержания аминокислот в структуре питания является одним из определяющих факторов формирования соразмерной рефракции. Повышенное потребление простых углеводов влияет на ослабление аккомодации органа зрения и остроту зрения. Недостаточность триглицеридов, моно- и полиненасыщенных жирных кислот является фактором риска развития нарушений зрения [45].

Для предупреждения снижения зрения и улучшения его остроты рекомендуется употреблять продукты, содержащие каротиноиды, лютеин, зеаксантин. Они восстанавливают зрительные функции при усталости, снижают последствия нагрузки на глаза, улучшают цветовосприятие. К витаминам и минералам, играющим существенную роль в функционировании зрения, относится фолиевая кислота, железо, цинк, витамины А, В, D. Дефицит витамина D характерен не только для детей, живущих в северных районах нашей страны, но и в средней полосе (г. Казань), где у 88,2 % школьников (из 122) в зимнее время было сниженное содержание витамина и только

у 11,2 % соответствовало норме⁵ [46, 47]. Получены данные, что дефицит витамина D обнаруживается почти у половины обследованных (42,3 %) детей г. Краснодара в возрастной группе 1–17 лет. Отмечена тенденция возрастания его дефицита от младшего к школьному возрасту⁵.

Для дополнительного обогащения рациона питания обучающихся микронутриентами в регионах, эндемичных по недостатку отдельных микроэлементов, в меню должна использоваться специализированная пищевая продукция промышленного производства, обогащенные витаминами и микроэлементами, а также витаминизированные напитки промышленного выпуска. Витаминные напитки должны готовиться в соответствии с прилагаемыми инструкциями непосредственно перед раздачей. Прием поливитаминных препаратов не заменяет витаминизацию рациона питания обучающихся. В настоящее время обоснованы и утверждены новые нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения в Российской Федерации [48].

Заключение. Выполненный аналитический обзор показал существенное влияние цифровых технологий на образ жизни и изменение структуры заболеваемости детей и подростков с ростом нарушений зрения разной степени, а также комплекса симптомов, связанных с интенсивным использованием ЭСО для обучения и досуга. В связи с этим особенно важно соблюдать разработанные гигиенические нормативы и специальные требования к устройству, содержанию и режимам работы в условиях цифровой образовательной среды в сфере общего образования, а также действующие санитарные правила и руководства по обеспечению безопасных условий обучения и воспитания детей, подростков и молодежи в образовательных организациях^{6,7,8}. Для предупреждения нарушений зрения и их прогрессирования у обучающихся целесообразно ограничивать использование гаджетов во внеучебное и досуговое время. Привлекать к профилактическим мероприятиям педагогов, самих обучающихся и родителей. Обратить внимание на дефицит двигательной активности детей и подростков, характер питания с избытком углеводов и дефицитом витаминов.

Список литературы

1. Бантьева М.Н., Манюшкина Е.М., Матвеев Э.Н. Динамика заболеваемости юношей 15–17 лет в Российской Федерации // *Российский вестник перинатологии и педиатрии* // 2020. Т. 65. № 2. С. 80–85. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-2-80-85
2. Хорунжий Н.В., Алексеева А.В. Изучение патологической пораженности детского населения 0–14 лет // *Современные научные исследования и разработки*. 2017. № 8 (16). С. 587–589.
3. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Сафонкина С.Г., Молдованов В.В., Ибрагимова Е.М. Санитарно-эпидемиологическое благополучие образовательных учреждений и риски здоровью детей и подростков // *Анализ риска здоровью*. 2014. № 1. С. 65–73.
4. Шубочкина Е.И., Кучма В.Р., Ибрагимова Е.М., Молдованов В.В., Иванов В.Ю. Профилактическая среда в образовательных организациях профессионального образования: актуальные проблемы и пути решения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2015. № 8 (269). С. 46–50.
5. Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Ханхарева С.С., Богданова О.Г. Оценка риска здоровью обучающихся образовательных учреждений обусловленного факторами среды обитания // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015. Т. 136. № 5. С. 105–108.
6. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96. № 10. С. 990–995. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995
7. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Храмцов П.И. Гигиеническая безопасность деятельности детей в цифровой среде // *Здоровье населения и среда обитания*. 2016. № 8 (281). С. 4–7.
8. Кучма В.Р., Ткачук Е.А. Гигиеническая оценка информатизации обучения и воспитания // *Гигиена и санитария* // 2015. Т. 94. № 7: С. 16–20.
9. Цыцулина О.З. Оценка учащимися состояния их здоровья и образа жизни // *Молодой ученый*. 2019. № 49 (287). С. 263–269.
10. Филькина О.М., Воробьева Е.А., Долотова Н.В., Кочерова О.Ю., Малышкина О.И. Длительность использования цифровых устройств как один из факторов риска развития миопии у школьников // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 4. С. 76–83. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.08
11. Сибирякова Н.В., Чапрасова О.А., Голянова Е.П., Голянова О.Б. Оценка распространенности заболеваемости органа зрения среди детского населения // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 2 (104). Ч. 3. С. 51–54. doi: 10.23670/IRJ.2021.103.2.071
12. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Обрубов С.А., Татаринчик А.А., Цамерян А.П., Маркелова С.В. Гигиенические факторы формирования функциональных отклонений и хронических заболеваний глаз у школьников и студентов в современных условиях // *Российская детская офтальмология*. 2019. № 1. С. 22–27. doi: 10.25276/2307-6658-2019-1-22-27
13. Шубочкина Е.И., Иванов В.Ю., Чепрасов В.В., Айзяткова М.В. Гигиеническая оценка влияния факторов цифровой среды на организм подростков в процессе образовательной и досуговой деятельности // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. № 6 (339). С. 71–77. doi: 10.35627/2219-5238/2021-339-6-71-77
14. Александрова И.Э. Гигиенические принципы и технологии обеспечения безопасных для здоровья школьников условий обучения в цифровой среде // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2018. № 3. С. 23–33.
15. Qian DJ, Zhong H, Li J, Niu Z, Yuan Y, Pan CW. Myopia among school students in rural China (Yunnan). *Ophthalmic Physiol Opt*. 2016;36(4):381–387. doi: 10.1111/opo.12287
16. Saxena R, Vashist P, Tandon R, et al. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study).

⁵ Бурлуцкая А.В., Коробкина О.Г., Статова А.В., Подлесная О.Н. Статус витамина D у детей г. Краснодара // *Сборник материалов XXIII Конгресса педиатров России*. 2021. С. 33.

⁶ СП 2.4.3648–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

⁷ СанПиН 2.1.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Приложение 6.

⁸ Руководство по профилактике и обеспечению безопасных условий обучения. Визуальный контроль за соблюдением санитарно-гигиенических требований к условиям воспитания и обучения в образовательных организациях. Доступно по: <https://cr.minzdrav.gov.ru/manuals>; <https://apicr.minzdrav.gov.ru/static/PP21.PDF>

- PLoS One*. 2015;10(2):e0117349. doi: 10.1371/journal.pone.0117349
17. Paudel P, Ramson P, Naduvilath T, *et al*. Prevalence of vision impairment and refractive error in school children in Ba Ria – Vung Tau province, Vietnam. *Clin Exp Ophthalmol*. 2014;42(3):217–226. doi: 10.1111/ceo.12273
 18. Jones-Jordan LA, Mitchell GL, Cotter SA, *et al*. Visual activity before and after the onset of juvenile myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(3):1841–1850. doi: 10.1167/iops.09-4997
 19. Guan H, Yu NN, Wang H, *et al*. Impact of various types of near work and time spent outdoors at different times of day on visual acuity and refractive error among Chinese school-going children. *PLoS One*. 2019;14(4):e0215827. doi: 10.1371/journal.pone.0215827
 20. Alvarez-Peregrina C, Sánchez-Tena MÁ, Martínez-Pérez C, Villa-Collar C. The relationship between screen and outdoor time with rates of myopia in Spanish children. *Front Public Health*. 2020;8:560378. doi: 10.3389/fpubh.2020.560378
 21. Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, Zadnik K. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(8):3524–3532. doi: 10.1167/iops.06-1118
 22. Mireku MO, Barker MM, Mutz J, *et al*. Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environ Int*. 2019;124:66–78. doi: 10.1016/j.envint.2018.11.069
 23. Li SM, Li H, Li SY, *et al*. Time outdoors and myopia progression over 2 years in Chinese children: The Anyang Childhood Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(8):4734–4740. doi: 10.1167/iops.14-15474
 24. Saxena R, Vashist P, Tandon R, *et al*. Incidence and progression of myopia and associated factors in urban school children in Delhi: The North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS One*. 2017;12(12):e0189774. doi: 10.1371/journal.pone.0189774
 25. Wu PC, Tsai CL, Wu HL, Yang YH, Kuo HK. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology*. 2013;120(5):1080–1085. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009
 26. Smaldone G, Campagna O, Pacella F, Pacella E. Computer use and onset of myopia in children: a systematic review. *Senses Sci*. 2015;2(1):1–7. doi: 10.14616/sands-2015-1-0107
 27. Lanca C, Saw SM. The association between digital screen time and myopia: A systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2020;40(2):216–229. doi: 10.1111/opo.12657
 28. Mowatt L, Gordon C, Santosh ABR, Jones T. Computer vision syndrome and ergonomic practices among undergraduate university students. *Int J Clin Pract*. 2018;72(1). doi: 10.1111/ijcp.13035
 29. Altalhi A, Khayyat W, Khojah O, Alsalmi M, Almarzouki H. Computer vision syndrome among health sciences students in Saudi Arabia: Prevalence and risk factors. *Cureus*. 2020;12(2):e7060. doi: 10.7759/cureus.7060
 30. Вятлева О.А. Влияние использования смартфонов на самочувствие, когнитивные функции и морфофункциональное состояние центральной нервной системы у детей и подростков (обзор литературы) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 1. С. 4–11.
 31. Кучма В.Р., Седова А.С., Степанова М.И. и др. Особенности жизнедеятельности и самочувствия детей и подростков, дистанционно обучающихся во время эпидемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 2. С. 4–23.
 32. Богомолова Е.С., Бадеева Т.В., Котова Н.В., Максименко О.Е., Олюшина Е.А., Лангуев К.А. Гигиенические аспекты дистанционного образования обучающихся // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 3. С. 35–39.
 33. Милушкина О.Ю., Попов В.И., Скоблина Н.А., Маркелова С.В., Соколова Н.В. Использование электронных устройств участниками образовательного процесса при традиционной и дистанционной формах обучения // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2020. № 3. С. 85–91.
 34. Pellegrini M, Bernabei F, Scorcio V, Giannaccare G. May home confinement during the COVID-19 outbreak worsen the global burden of myopia? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020;258(9):2069–2070. doi: 10.1007/s00417-020-04728-2
 35. Lingham G, Mackey DA, Lucas R, Yazar S. How does spending time outdoors protect against myopia? A review. *Br J Ophthalmol*. 2020;104(5):593–599. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-314675
 36. Wu PC, Chen CT, Lin KK, *et al*. Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial. *Ophthalmology*. 2018;125(8):1239–1250. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.12.011
 37. You X, Wang L, Tan H, *et al*. Near work related behaviors associated with myopic shifts among primary school students in the Jiading District of Shanghai: A school-based one-year cohort study. *PLoS One*. 2016;11(5):e0154671. doi: 10.1371/journal.pone.0154671
 38. Yao L, Qi LS, Wang XF, *et al*. Refractive change and incidence of myopia among a group of highly selected senior high school students in China: A prospective study in an Aviation Cadet prerecruitment class. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60(5):1344–1352. doi: 10.1167/iops.17-23506
 39. Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, Lanca C, Saw SM. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol*. 2020;20(1):27. doi: 10.1186/s12886-019-1220-0
 40. Reddy SC, Low CK, Lim YP, Low LL, Mardina F, Nursaleha MP. Computer vision syndrome: a study of knowledge and practices in university students. *Nepal J Ophthalmol*. 2013;5(2):161–168. doi: 10.3126/nepjoph.v5i2.8707
 41. Плотникова О.В. Врачебная профессиональная консультация подростков с дисплазией соединительной ткани – проблемы, этапы, методология // Профилактическая медицина. 2013. № 2 (47). С. 62–66.
 42. Калаева Г.Ю., Хохлова О.И., Деев И.А., Самойлова Ю.Г. Распространенность и клиническая характеристика дисплазии соединительной ткани у подростков // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14. № 5. С. 373–379. doi: 10.15690/pf.v14i5.1785
 43. Луцевич Е.Э. Профилактика развития «школьной» близорукости // Вопросы практической педиатрии. 2019. Т. 14. № 2. С. 87–90. DOI: 10.20953/1817-7646-2019-2-87-90
 44. Петров С.А., Корнева О.В., Воробьев И.А., Петрова Е.Б., Гизатулина Г.М. Значимость пластических и энергетических компонентов питания в патологии рефракции // Медицинская наука и образование Урала. 2012. Т. 13. № 4 (72). С. 122–124.
 45. Малявская С.И., Кострова Г.Н., Лебедев А.В. Обеспеченность витамином D школьников города Архангельска // Практическая медицина. 2019. Т. 17. № 5. С. 56–59. doi: 10.32000/2072-1757-2019-5-56-59
 46. Мальцев С.В., Закирова А.М., Мансурова Г.Ш. Обеспеченность витамином D детей разных возрастных групп в зимний период // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017. Т. 62 № 2. С. 99–103. doi: 10.21508/1027-4065-2017-62-2-99-103
 47. Хульчаев Т.А., Мизиев С.И., Абазова З.Х. Уровень витамина D в сыворотке крови у детей и пути профилактики его дефицита // Children's Medicine of the North-West. 2021. Т. 9. № 1. С. 376.
 48. Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 4. С. 6–19. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19

References

- Banteva MN, Manoshkina EM, Matveev EN. Dynamics of the incidence in the 15-17-year-old men in the Russian Federation. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2020;65(2):80-85. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-2-80-85
- Khorunzhiy NV, Alekseeva AV. Study of pathological damage to the child population 0-14 years. *Sovremennye Nauchnye Issledovaniya i Razrabotki*. 2017;(8(16)):587-589. (In Russ.)
- Kuchma VR, Shubochkina EI, Safonkina SG, Moldovanov VV, Ibragimova EM. Sanitary and epidemiological safety and risk to health of children and teenagers during education. *Health Risk Analysis*. 2014;(1):65-73. (In Russ.)
- Shubochkina YeI, Kuchma VR, Ibragimova YeM, Moldovanov VV, Ivanov VYu. Preventive environment in the educational organizations of professional education: actual problems and ways of solution. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(8(269)):46-50. (In Russ.)
- Tarmaeva IY, Efimova NV, Hanhareev SS, Bogdanova OG. Assessment of health risks of pupils of educational institutions due to habitat factors. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal (Irkutsk)*. 2015;136(5):105-108. (In Russ.)
- Kuchma VR, Sukhareva LM, Rapoport IK, Shubochkina EI, Skobolina NA, Milushkina OYu. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(10):990-995. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995
- Kuchma VR, Sukhareva LM, Khramtsov PI. Hygienic safety children in hyperinformation society. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(8(281)):4-7. (In Russ.)
- Kuchma VR, Tkachuk EA. Hygienic assessment of informatization of education and up-bringing. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(7):16-20. (In Russ.)
- Tsytsulina OZ. [Assessment by students of their health and lifestyle.] *Molodoy Uchenyy*. 2019;(49(287)):263-269. (In Russ.)
- Filkina OM, Vorobyova EA, Dolotova NV, Kocherova OYu, Malysheva OI. Long use of digital devices as a risk factor that causes myopia occurrence in schoolchildren. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):76-83. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.4.08
- Sibiryakova NV, Chaprasova OA, Golyanova EP, Golyanova OB. Assessment of the ophthalmological disease incidence among children. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2021;(2-3(104)):51-54. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2021.103.2.071
- Skobolina NA, Milushkina OYu, Obrubov SA, Tatarinichik AA, Tsameryan AP, Markelova NV. Hygienic factors in formation of functional deviations and chronic eye diseases for schoolchildren and students under current conditions. *Rossiyskaya Detskaya Oftalmologiya*. 2019;(1):22-27. (In Russ.) doi: 10.25276/2307-6658-2019-1-22-27
- Shubochkina EI, Ivanov VYu, Cheprasov VV, Ayzyatova MV. Hygienic assessment of the influence of factors of digital environment on adolescents in the process of educational and leisure activities. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(6(339)):71-77. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-339-6-71-77
- Alexandrova IE. Hygienic principles and technology to ensure safety for health of pupils conditions of training in a digital educational environment. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2018;(3):23-33. (In Russ.)
- Qian DJ, Zhong H, Li J, Niu Z, Yuan Y, Pan CW. Myopia among school students in rural China (Yunnan). *Ophthalmic Physiol Opt*. 2016;36(4):381-387. doi: 10.1111/opo.12287
- Saxena R, Vashist P, Tandon R, et al. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS One*. 2015;10(2):e0117349. doi: 10.1371/journal.pone.0117349
- Paudel P, Ramson P, Naduvilath T, et al. Prevalence of vision impairment and refractive error in school children in Ba Ria - Vung Tau province, Vietnam. *Clin Exp Ophthalmol*. 2014;42(3):217-226. doi: 10.1111/ceo.12273
- Jones-Jordan LA, Mitchell GL, Cotter SA, et al. Visual activity before and after the onset of juvenile myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(3):1841-1850. doi: 10.1167/iovs.09-4997
- Guan H, Yu NN, Wang H, et al. Impact of various types of near work and time spent outdoors at different times of day on visual acuity and refractive error among Chinese school-going children. *PLoS One*. 2019;14(4):e0215827. doi: 10.1371/journal.pone.0215827
- Alvarez-Peregrina C, Sánchez-Tena MA, Martínez-Pérez C, Villa-Collar C. The relationship between screen and outdoor time with rates of myopia in Spanish children. *Front Public Health*. 2020;8:560378. doi: 10.3389/fpubh.2020.560378
- Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, Zadnik K. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(8):3524-3532. doi: 10.1167/iovs.06-1118
- Mireku MO, Barker MM, Mutz J, et al. Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environ Int*. 2019;124:66-78. doi: 10.1016/j.envint.2018.11.069
- Li SM, Li H, Li SY, et al. Time outdoors and myopia progression over 2 years in Chinese children: The Anyang Childhood Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(8):4734-4740. doi: 10.1167/iovs.14-15474
- Saxena R, Vashist P, Tandon R, et al. Incidence and progression of myopia and associated factors in urban school children in Delhi: The North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS One*. 2017;12(12):e0189774. doi: 10.1371/journal.pone.0189774
- Wu PC, Tsai CL, Wu HL, Yang YH, Kuo HK. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology*. 2013;120(5):1080-1085. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009
- Smaldone G, Campagna O, Pacella F, Pacella E. Computer use and onset of myopia in children: a systematic review. *Senses Sci*. 2015;2(1):1-7. doi: 10.14616/sands-2015-1-0107
- Lanca C, Saw SM. The association between digital screen time and myopia: A systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2020;40(2):216-229. doi: 10.1111/opo.12657
- Mowatt L, Gordon C, Santosh ABR, Jones T. Computer vision syndrome and ergonomic practices among undergraduate university students. *Int J Clin Pract*. 2018;72(1). doi: 10.1111/ijcp.13035
- Altalhi A, Khayyat W, Khojah O, Alsalmi M, Almarzouki H. Computer vision syndrome among health sciences students in Saudi Arabia: Prevalence and risk factors. *Cureus*. 2020;12(2):e7060. doi: 10.7759/cureus.7060
- Vyatleva OA. Influence of use of smartphones on wellbeing, cognitive functions and morphofunctional state of the central nervous system in children and adolescents (review). *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(1):4-11. (In Russ.)
- Kuchma VR, Sedova AS, Stepanova MI, et al. Life and wellbeing of children and adolescents studying remotely during the epidemic of a new coronavirus infection (COVID-19). *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(2):4-23. (In Russ.)
- Bogomolova ES, Badeeva TV, Kotova NV, Maksimenko OE, Olyushina EA, Languev KA. Hygienic aspects of distance education. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(3):35-39. (In Russ.)

33. Milushkina OY, Skoblina NA, Markelova SV, Popov VI, Sokolova NV. The use of electronic devices by students, parents and teachers before and after the transition to distance learning. *Vestnik RNIMU*. 2020;(3):85-91.
34. Pellegrini M, Bernabei F, Scorgia V, Giannaccare G. May home confinement during the COVID-19 outbreak worsen the global burden of myopia? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020;258(9):2069-2070. doi: 10.1007/s00417-020-04728-2
35. Lingham G, Mackey DA, Lucas R, Yazar S. How does spending time outdoors protect against myopia? A review. *Br J Ophthalmol*. 2020;104(5):593-599. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-314675
36. Wu PC, Chen CT, Lin KK, et al. Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial. *Ophthalmology*. 2018;125(8):1239-1250. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.12.011
37. You X, Wang L, Tan H, et al. Near work related behaviors associated with myopic shifts among primary school students in the Jiading District of Shanghai: A school-based one-year cohort study. *PLoS One*. 2016;11(5):e0154671. doi: 10.1371/journal.pone.0154671
38. Yao L, Qi LS, Wang XF, et al. Refractive change and incidence of myopia among a group of highly selected senior high school students in China: A prospective study in an Aviation Cadet prerecruitment class. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60(5):1344-1352. doi: 10.1167/iops.17-23506
39. Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, Lanca C, Saw SM. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol*. 2020;20(1):27. doi: 10.1186/s12886-019-1220-0
40. Reddy SC, Low CK, Lim YP, Low LL, Mardina F, Nursaleha MP. Computer vision syndrome: a study of knowledge and practices in university students. *Nepal J Ophthalmol*. 2013;5(2):161-168. doi: 10.3126/nepjoph.v5i2.8707
41. Plotnikova OV. Medical professional consultation of teenagers with dysplasia of the connecting tissue – problems, stages, methodology. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2013;(2(47)):62-66. (In Russ.)
42. Kalaeva GY, Khokhlova OI, Deev IA, Samoilova JG. The incidence and clinical characteristics of the connective tissue dysplasia in adolescents. *Pediatricheskaya Farmakologiya*. 2017;14(5):373-379. (In Russ.) doi: 10.15690/pf.v14i5.1785
43. Lutsevich EE. Prevention of school myopia. *Voprosy Prakticheskoy Pediatrii*. 2019;14(2):87-90. (In Russ.) doi: 10.20953/1817-7646-2019-2-87-90
44. Petrov SA, Korneva OV, Vorob'ev IA, Petrova EB, Gizatulina GM. Importance of catabolic and anabolic components of nutrition in the pathology of refraction. *Meditsinskaya Nauka i Obrazovanie Urala*. 2012;13(4(72)):122-124. (In Russ.)
45. Malyavskaya SI, Kostrova GN, Lebedev AV. Vitamin D deficiency in schoolchildren of Arkhangelsk. *Prakticheskaya Meditsina*. 2019;17(5):56-59. (In Russ.) doi: 10.32000/2072-1757-2019-5-56-59
46. Maltsev SV, Zakirova AM, Mansurova GSh. Vitamin D provision in children of different age groups during the winter season. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2017;62(2):99-103. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2017-62-2-99-103
47. Khulchaev TA, Miziev SI, Abazova ZKh. [Serum vitamin D levels in children and ways to prevent its deficiency.] *Children's Medicine of the North-West*. 2021;9(1):376. (In Russ.)
48. Popova AYU, Tutelyan VA, Nikityuk DB. On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy Pitaniya*. 2021;90(4):6-19. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19



Анализ охвата школьников услугами дополнительного образования и режима внешкольной деятельности в гигиеническом аспекте (по данным социологического опроса)

И.И. Новикова, Н.А. Зубцовская, Г.П. Ивлева

ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора, ул. Пархоменко, д. 7, г. Новосибирск, 630108, Российская Федерация

Резюме

Введение. Дополнительное образование детей – важный инструмент подготовки детей к успешной жизни, формирования ценностных ориентиров и профессиональных предпочтений. Вовлеченность детей в дополнительные образовательные программы определяет плотность в режиме дня элементов формирования новых знаний и умений, совершенствования физических возможностей.

Цель работы. Анализ охвата современных школьников услугами дополнительного образования, гигиеническая оценка организации их внешкольной деятельности.

Материалы и методы. Данные социологического опроса 46 405 обучающихся общеобразовательных организаций 64 субъектов РФ, проведенного в январе – марте 2021 года с помощью кросс-платформенного программного средства. Полученные данные статистически обработаны с помощью стандартного пакета Excel, Statistica 10.

Результаты. В ходе оценки полученных результатов было установлено, что охват детей занятиями спортом во всех возрастных группах школьников был ниже показателя охвата детей занятиями в кружках (студиях) и составлял 33,1–43,0 против 39,4–62,6 %. 35 % школьников не охвачены дополнительным образованием – не посещают кружки (студии), спортивные секции. Наибольший удельный вес таких детей приходится на 9–11-е классы (45,5–47,3 %), наименьший – на 3–5-е классы (27,7–28,4 %). На регулярной основе занимались с репетитором 17,6 % школьников, посещающих занятия дополнительного образования; показатели в старших классах были существенно выше таковых в начальной школе, постепенно увеличиваясь при переходе от одного класса к другому от 7,5 до 46,2 %. Охват школьников 11-х классов занятиями с репетиторами на 35,9 % превысил показатель охвата детей занятиями в спортивных секциях. 20,7 % респондентов отметили, что они не гуляют на улице в учебный день вообще, за исключением дороги от дома до школы и назад. При этом установлено, что с возрастом удельный вес таких детей увеличивается.

Заключение. Проведенное исследование позволило определить возрастные особенности организации внешкольной деятельности и досуга школьников, доступности и востребованности услуг дополнительного образования, а также выявило отсутствие навыков рациональной организации внешкольного времени у современных школьников.

Ключевые слова: дополнительное образование, обучающиеся общеобразовательных организаций, режим дня, анкетирование.

Для цитирования: Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Ивлева Г.П. Анализ охвата школьников услугами дополнительного образования и режима внешкольной деятельности в гигиеническом аспекте (по данным социологического опроса) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 31–38. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-31-38>

Сведения об авторах:

✉ Новикова Ирина Игоревна – д.м.н., профессор, директор; e-mail: novikova_ii@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>.

Зубцовская Нина Александровна – младший научный сотрудник организационно-методического отдела; e-mail: zubtsovskaya_na@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6817-200X>.

Ивлева Галина Петровна – к.м.н. ученый секретарь; e-mail: ivlevagp@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9011-1000>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Новикова И.И.; сбор данных: Новикова И.И., Зубцовская Н.А.; анализ и интерпретация результатов: Ивлева Г.П.; литературный обзор: Новикова И.И., Ивлева Г.П.; подготовка рукописи: Новикова И.И., Ивлева Г.П. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г.; материал статьи одобрен этическим комитетом при ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (Протокол № 11 от 13.10.2021).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 20.04.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Analysis of Participation of Schoolchildren in Extracurricular Activities and the Health Aspect of their Routine: Results of a Sociological Survey

Irina I. Novikova, Nina A. Zubtsovskaya, Galina P. Ivleva

Novosibirsk Research Institute of Hygiene, 7 Parkhomenko Street, Novosibirsk, 630108, Russian Federation

Summary

Introduction: Extracurricular activities are an important tool of preparing children for a successful life, setting essential core values, and identifying professional preferences. Student participation in after-school educational programs determines the density of elements contributing to acquiring new skills, knowledge, and physical capabilities in their daily routine.

Objective: To assess the coverage of schoolchildren with supplementary education and to give a hygienic assessment of their extracurricular activities.

Materials and methods: We analyzed data of the Internet-based survey of over 46,000 schoolchildren from 64 regions of the Russian Federation conducted in January – March 2021 using a standard Excel package and Statistica 10.

Results: We estimated a smaller coverage of schoolchildren of all age groups with after-school sports (33.1–43.0 %) than with other types of activities, including circles/sections and studios (39.4–62.6 %). We established that 35 % of the respondents did not participate in extracurricular activities at all, with the largest and smallest proportions of such students in grades 9–11 (45.5–47.3 %) and grades 3–5 (27.7%–28.4 %), respectively. On average, 17.6 % of the respondents reported having regular classes with a tutor; the proportion of children attending tutorials was higher among school graduates and tended to increase with school age from 7.5 to 46.2 %. The proportion of eleventh graders studying with tutors was 35.9 % higher than that attending sports clubs. It should be noted that 20.7 % of the respondents reported having no walk on school days, except walking to school and back home, and the share of such children increased with age.

Conclusion: Our study revealed age-specific characteristics of extracurricular activities and leisure of schoolchildren, availability and demand for supplementary educational services, and demonstrated the lack of skills of effective after-school time planning in modern students.

Keywords: extracurricular activities, schoolchildren, daily routine, Internet-based survey.

For citation: Novikova II, Zubtsovskaya NA, Ivleva GP. Analysis of participation of schoolchildren in extracurricular activities and the health aspect of their routine: Results of a sociological survey. *Zdorov'e Nasedeniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):31–38. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-31-38>

Author information:

✉ Irina I. Novikova, Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene; e-mail: novikova_ii@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>.

Nina A. Zubtsovskaya, Junior Researcher, Organizational and Methodological Department, Novosibirsk Research Institute of Hygiene; e-mail: zubtsovskaya_na@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6817-200X>.

Galina P. Ivleva, Cand. Sci. (Med.), Scientific Secretary, Novosibirsk Research Institute of Hygiene; e-mail: ivlevagp@niig.su; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9011-1000>.

Author contributions: study conception and design: Novikova I.I.; data collection: Novikova I.I., Zubtsovskaya N.A.; analysis and interpretation of results: Ivleva G.P.; literature review: Novikova I.I., Ivleva G.P.; draft manuscript preparation: Novikova I.I., Ivleva G.P. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was carried out in compliance with the ethical requirements of the WMA Declaration of Helsinki 2000 and the Oviedo Convention on Human Rights and Biomedicine 1999. Study approval was provided by the Local Ethics Committee of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Minutes No. 11 of October 13, 2021).

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: April 04, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Дополнительное образование детей — важный инструмент подготовки детей к успешной жизни, формирования ценностных ориентиров и профессиональных предпочтений. Дополнительное образование детей направлено на формирование и развитие творческих способностей, удовлетворение индивидуальных потребностей в интеллектуальном, нравственном и физическом совершенствовании, формирование культуры здорового и безопасного образа жизни, укрепление здоровья, а также на рациональную организацию свободного времени¹ [1–5].

Реализация программ дополнительного образования должна способствовать сохранению физического и психического здоровья детей и осуществляется в соответствии с принципами, полагающими свободный выбор детьми организаций дополнительного образования, доступности организаций разной направленности и непрерывности дополнительного образования [6–9]. Материалы отечественных исследований подтверждают положительное влияние организаций дополнительного образования на уровень здоровья школьников, их физическую подготовленность, осведомленность в области ведения здорового образа жизни, а также благоприятную социально-психологическую адаптацию подростков [10–13].

Организация дополнительного образования согласуется с задачами мероприятий Десятилетия детства², Стратегии развития воспитания в РФ на период до 2025 года³. В соответствии с задачами проекта «Доступное дополнительное образование для детей» в 2021–2025 гг. не менее 75 % детей в возрасте от 5 до 18 лет должны быть охвачены программами дополнительного образования⁴.

Вовлеченность детей в дополнительные образовательные программы определяет плотность в режиме дня элементов формирования новых знаний и умений, совершенствования физических возможностей.

Цель исследования. Анализ охвата современных школьников услугами дополнительного образования, гигиеническая оценка организации их внешкольной деятельности.

Материалы и методы. Исследование было проведено с использованием специально разрабо-

танного ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора кроссплатформенного программного средства. Анкетирование осуществлялось через сайт института niig.su. Учащиеся младших классов (до 11-летнего возраста) отвечали на вопросы совместно с родителями. Учащиеся старшего возраста участвовали в опросе самостоятельно. Проведение опроса могло производиться как в домашних условиях в присутствии родителей, так в условиях школы в присутствии классного руководителя. Полученные данные были статистически обработаны с помощью стандартного пакета *Excel*, *Statistica 10*, в том числе использовался метод дисперсионного анализа, сравнение независимых выборок с применением параметрических критериев. С января по март 2021 года было проведено анкетирование школьников, направленное на изучение их вовлеченности в дополнительное образование — занятия в кружках, студиях, спортивных секциях, без детализации по занятиям в обычных спортивных секциях или профессиональные занятия спортом в школах олимпийского резерва, а также занятия с репетиторами. При анализе учитывались частота посещений, а также время, затрачиваемое ребенком на занятия. Также в анкете содержались вопросы о досуговом времени школьника. В анкетировании приняли участие 46 405 обучающихся 1–11-х классов общеобразовательных организаций 64 субъектов РФ, в том числе 20 506 мальчиков (44,2 %) и 25 899 девочек (55,8 %), из них обучающихся 1–4 классов (7–11 лет) — 17 205 человек, обучающихся 5–9-х классов (12–15 лет) — 24 707 человек, обучающихся 10–11-х классов (16–17 лет) — 4493 человека.

Результаты. В ходе оценки полученных результатов было установлено, что 35 % респондентов не охвачены дополнительным образованием, то есть не посещают кружки, студии, спортивные секции. Наибольший удельный вес таких детей приходится на 9–11-е классы (45,5–47,3 %), наименьший — на 3–5-е классы (27,7–28,4 %), рис. 1.

Из детей, охваченных дополнительным образованием, 53 % респондентов занимаются в кружках или студиях, 37,5 % посещают спортивные секции, 9,5 % респондентов совмещают посещение кружков (студий) с занятиями в спортивных

¹ ФЗ-273 от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации».

² Указ Президента РФ «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия детства» № 240 от 29 мая 2017 года. Доступно по: <https://10letie.edu.gov.ru/images/document> (дата доступа: 01.04.2022).

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 г. № 996-п г. Москва «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года». Доступно по: <https://rg.ru/2015/06/08/vospitanie-dok.html> (дата доступа: 01.04.2022).

⁴ Паспорт приоритетного проекта «Доступное дополнительное образование для детей». Доступно по: <https://rulaws.ru/acts/Pasport-prioritetnogo-proekta-Dostupnoe-dopolnitelnoe-obrazovanie-dlya-detey/> (дата доступа: 27.03.2021).

секциях. Среди этих школьников помимо занятий в организациях дополнительного образования 17,6 % детей занимаются с репетиторами.

Охват детей занятиями спортом, был ниже показателя охвата детей занятиями в кружках и студиях и составлял среди школьников 1–11-х классов 33,1–43,0 % против 39,4–62,6 % (рис. 2). Разница между удельным весом охвата детей занятиями в кружках и студиях по сравнению с охватом занятиями спортом при переходе к более старшим классам уменьшалась.

Наибольший показатель охвата детей занятиями в кружках (студиях) приходится на школьников 2–4 классов (61,2–62,6 %), в спортивных секциях – на школьников 5-х классов (43,0 %). Начиная с 4-го класса показатель вовлеченности детей в дополнительное образование – занятия в кружках (студиях) – имеет тенденцию к снижению – с 62,6 до 39,4 %, темп снижения составляет 3,8 % при переходе из класса в класс. Начиная с 5-го класса показатель охвата школьников занятиями спортом также снижается, вместе с тем темпы снижения существенно ниже и составляют 1,5 % при переходе из класса в класс (рис. 2).

14 % опрошенных указали, что занимаются в 3 и более кружках или студиях и 3 % – в 3 и более

спортивных секциях. Суммарное время, затрачиваемое школьниками на занятия в кружках и студиях, по данным опроса составляет от 1 до 14 часов в неделю, при этом 67,3 % (от числа занимающихся в студиях и кружках) занимается до 4 часов в неделю, 15,1 % респондентов – от 5 до 8 часов в неделю, 17,6 % – от 9 до 14 часов в неделю. В среднем школьники 1–2-х классов, занимающиеся в кружках и студиях, проводят на этих занятиях по 3 часа в неделю, 3–7-х классов – по 4 часа в неделю, 8–11-х классов – по 5 часов в неделю (рис. 3).

Суммарное время, затрачиваемое школьниками на занятиях в спортивных секциях, также составляет до 14 ч в неделю, в т. ч. 83,5 % респондентов занимаются до 6 часов в неделю (от числа занимающихся в спортивных секциях), 6,25 % – 7–8 часов в неделю, 10,6 % детей занимаются в спортивных секциях от 9 до 14 часов. Возможно, столь высокая нагрузка обусловлена тем, что некоторые респонденты занимаются в школах олимпийского резерва или профессиональных спортивных секциях.

В среднем школьники 1–2-х классов, занимающиеся в спортивных секциях, проводят на этих занятиях по 4 часа в неделю, 3-х классов – по 5 часов в неделю, 4–9-х классов – по 6 часов в неделю,

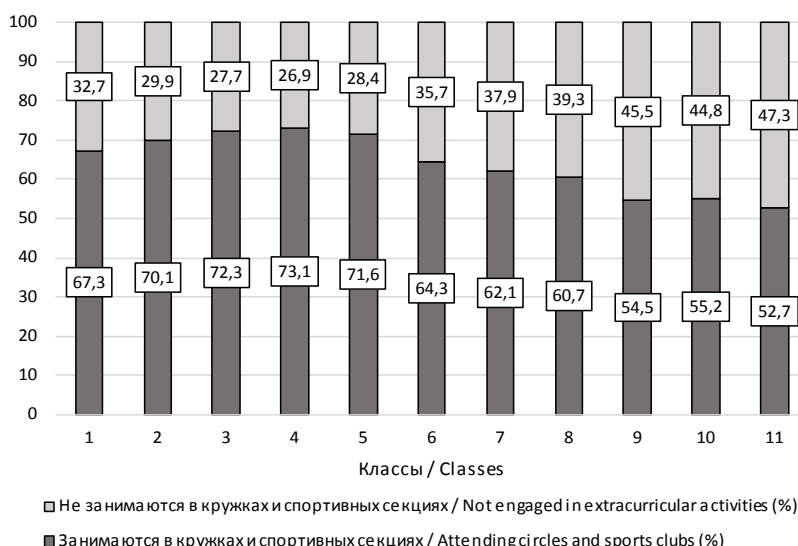


Рис. 1. Охват школьников услугами дополнительного образования (%)

Fig. 1. Coverage of schoolchildren with extracurricular activities (%)

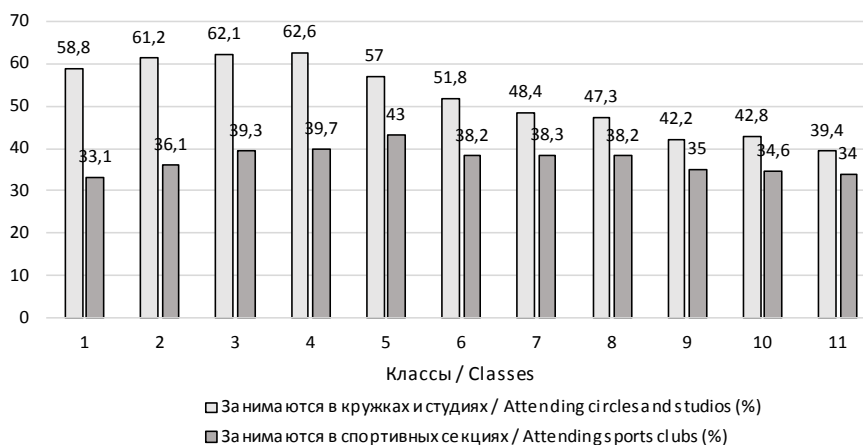


Рис. 2. Удельный вес школьников, занимающихся в спортивных секциях, кружках и студиях дополнительного образования (%)

Fig. 2. Proportion of schoolchildren engaged in extracurricular activities by type (%)

10-х классов — по 7 часов в неделю, 11-х классов — по 6 часов в неделю (рис. 4).

4,2 % учащихся 3–4 классов отметили, что заканчивают занятия в кружках и секциях позже 20:00, 2,5 % учащихся 5–11-х классов отметили, что заканчивают занятия в кружках (студиях) и спортивных секциях позже 21:00, что не соответствует требованиям СП 2.4.3648–20⁵.

Из числа детей, посещающих занятия дополнительного образования, занимаются с репетитором 17,6 %

опрошенных. В том числе среди первоклассников с репетиторами занимается 7,5 % детей, второклассников — 11,7 %, учащихся 3–8-х классов — от 14,4 до 17,3 %, 9–10-х классов от 24,0 до 27,2 %, 11-х классов — 46,2 %. Средняя продолжительность занятий с репетитором составляет 60 минут. 1 раз в неделю с репетитором занимается 31,2 % респондентов (от числа занимающихся с репетиторами), 2–3 раза в неделю — 57,2 %, 4 и более раз в неделю — 11,6 %. При этом следует отметить, что 37,6 % детей 11-х

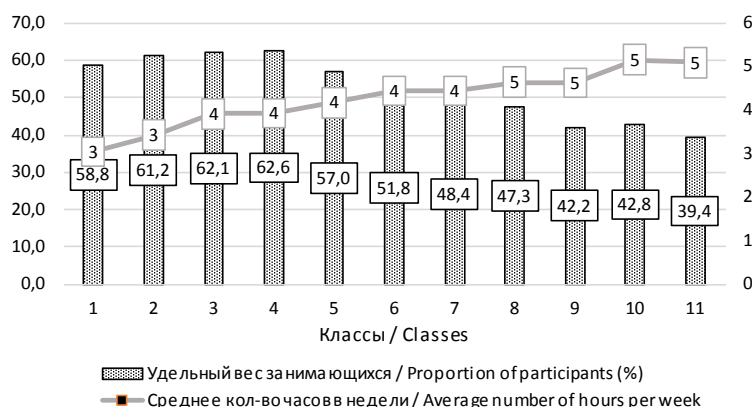


Рис. 3. График суммарного времени (средняя величина), затрачиваемого школьниками на занятия в кружках (студиях) в неделю / удельный вес занимающихся (%)

Fig. 3. Average time spent by schoolchildren weekly in after-school circles (studios) / proportion of participants (%)

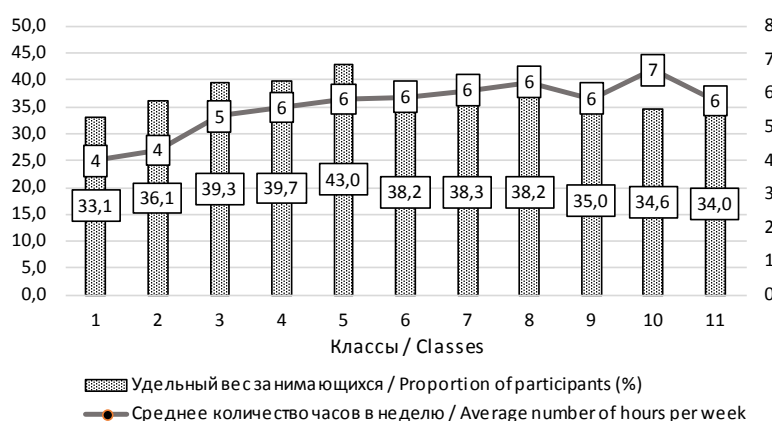


Рис. 4. График суммарного времени (средняя величина), затрачиваемого школьниками на занятия в спортивных секциях в неделю / удельный вес занимающихся (%)

Fig. 4. Average time spent by schoolchildren weekly in after-school sports clubs / proportion of participants (%)

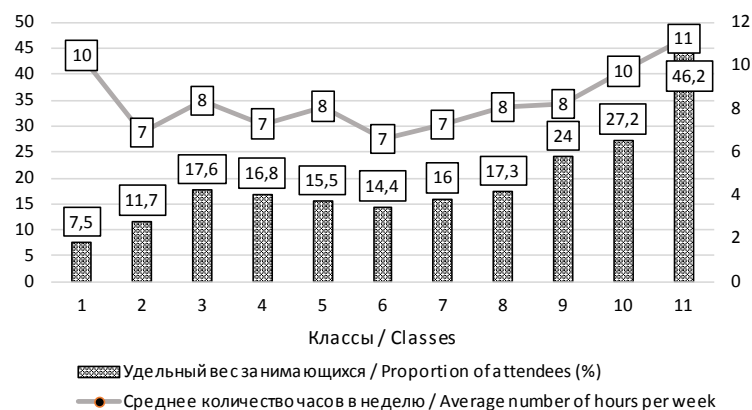


Рис. 5. График суммарного времени (средняя величина), затрачиваемого школьниками на занятия с репетиторами в неделю / удельный вес занимающихся (%)

Fig. 5. Average time spent by schoolchildren weekly on tutorials / proportion of attendees (%)

⁵ СП 2.4.3648–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации постановлением от 28 сентября 2020 года № 28.

классов занимаются с репетитором 4 и более раз в неделю, по остальным классам данный показатель находится в диапазоне 5,0–14,4 % (рис. 5).

При анализе распределения средних величин времени, затрачиваемого учащимися на разные виды дополнительных занятий, установлено, что наибольшую долю занимают занятия с репетиторами (от 39 до 59,8 % времени) с максимальными значениями в 1-м классе (59,8 %) и в 11-м классе (50,9 %) и минимальным (39,0 %) – в 6-м классе. В остальных классах данный показатель составляет от 40,0 до 47,6 %. Максимальное значение удельного веса времени, затрачиваемого на занятия в спортивных секциях (34,8 %), отмечалось у учащихся 6-х классов, минимальное – у учащихся 1-х классов (22,8 %). Наименьший удельный вес времени, затрачиваемого на занятия в кружках или студиях, отмечен среди детей 1-х классов – 17,4 %, в остальных классах этот показатель отличается незначительно и составляет от 23,1 до 26,2 % (рис. 6).

Среди детей, которые не вовлечены в занятия дополнительным образованием, 14,9 % занимаются с репетитором, при этом большинство из них (42 %) занимаются 2 раза в неделю, 1 раз в неделю занимается 27 %, 3 и 4 раза в неделю занимается по 14,9 % опрошенных. Таким образом, удельный вес занимающихся с репетитором среди детей, не вовлеченных в процесс дополнительного образования, несколько ниже, чем среди вовлеченных (14,9 против 17,6 %).

20,7 % респондентов отметили, что они не гуляют на улице в учебный день вообще, за исключением дороги от дома до школы и назад. Среди первоклассников таких детей 5,1 %, среди учащихся 2–5-х классов таких детей от 12 до 17 %, среди учащихся 6–9-х классов – 24–31 %, в 10-х классах не гуляют 32 % респондентов, а в 11-х классах – 30 %. При этом из них 63 % – дети, занимающиеся в организациях дополнительного

образования и/или спортивных секциях. 35,8 % отметили, что гуляют до 1 часа, 28,4 % – от часа до двух, 10,3 % – от двух часов до трех, 4,7 % – гуляют три часа и более ежедневно. Таким образом, меньшая доля (15 %) детей соблюдает рекомендуемое ежедневное время пребывания на улице (СанПин 1.2.3685–21⁶). При этом удельный вес детей, проводящих на свежем воздухе больше 2 часов, среди детей, не посещающих организации дополнительного образования, незначительно выше (16,6 %) в сравнении с детьми, вовлеченными в дополнительное образование (13,3 %).

Также было оценено время препровождения детей с компьютером и мобильными телефонами среди детей, посещающих и не посещающих организации дополнительного образования (табл. 1). Установлено, что удельный вес детей, проводящих суммарно свой досуг и учебу за компьютером более 2 часов, выше на 20,8 % среди детей, не вовлеченных в дополнительное образование (51,9 против 31,1 %, $t = 7,8$, $p < 0,05$); проводящих свой досуг с мобильным телефоном более 2 часов также выше на 8,7 % среди детей, не вовлеченных в дополнительное образование (40,4 против 31,6 %, $t = 9,7$, $p < 0,05$).

Обсуждение. Данные опроса позволяют судить о средней степени охвата детей школьного возраста услугами дополнительного образования, только 65 % детей, участвующих в анкетировании, занимаются в кружках, студиях и/или спортивных секциях. Самый низкий охват занятиями дополнительного образования отмечается среди старшеклассников, скорее всего, ввиду того что данная возрастная группа испытывает недостаток свободного времени из-за загруженности в школе и длительных занятий с репетиторами, что подтверждается выводами анализа: в структуре времени, затрачиваемого школьниками на дополнительные занятия, значительный удельный вес принадлежит занятиям с репетиторами. Обращает

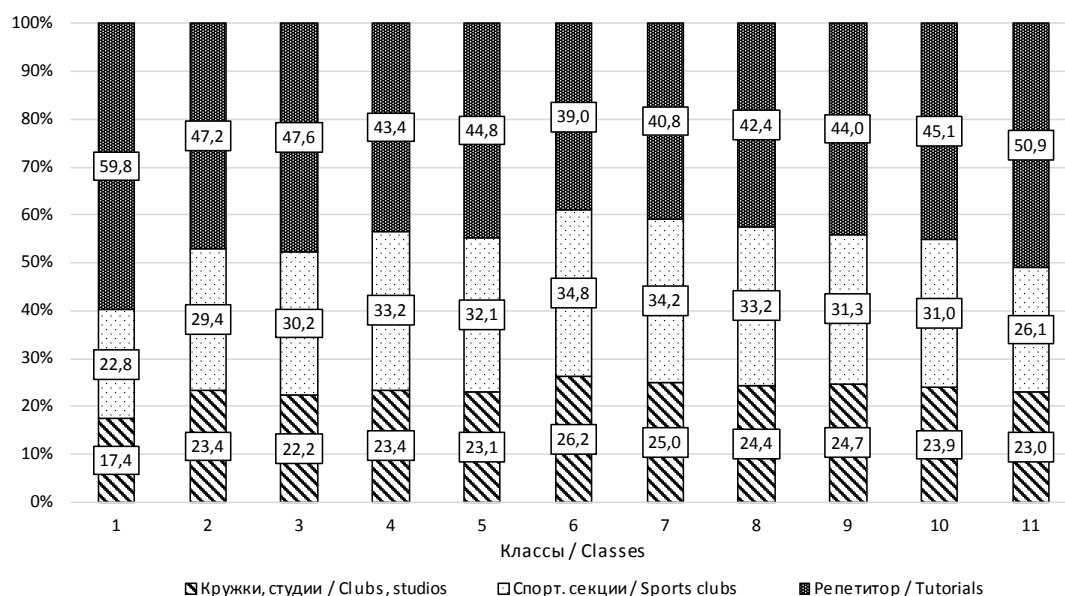


Рис. 6. Удельный вес времени (по среднему значению), затрачиваемого школьниками на разные виды дополнительных занятий (%)

Fig. 6. Average proportion of time spent by schoolchildren on various extracurricular activities (%)

⁶ СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А.Ю. Поповой от 28 января 2021 г. № 2.

Таблица. Распределение детей, участвующих в опросе в зависимости от времени, затрачиваемого на работу / досуг с компьютером и мобильным телефоном в сутки (%)

Table. Distribution of the survey participants by daily screen time spent on computer and mobile phone for study or leisure (%)

Интервалы времени досуга или работы, часов / Screen time for study or leisure, hours	Учеба и досуг за компьютером / Time spent on computer for study or leisure		Досуг с мобильным телефоном / Time spent on mobile phone for leisure	
	дети, занимающиеся в кружках/секциях (%) / children attending after-school clubs/circles (%)	дети, не вовлеченные в дополнительное образование (%) / children not engaged in extracurricular activities (%)	дети, занимающиеся в кружках/секциях (%) / children attending after-school clubs/circles (%)	дети, не вовлеченные в дополнительное образование (%) / children not engaged in extracurricular activities (%)
< 1	44,4	24,0	44,4	24,0
1–2	24,5	24,0	24,5	24,0
≤ 2 в целом / in total	68,9	48,0	68,4	59,6
2–3	14,8	16,8	14,8	16,8
3–4	7,3	9,5	7,3	9,5
4–5	4,0	5,4	4,0	5,4
≥ 5	5,2	7,3	5,2	7,3
≥ 2 в целом / in total	31,1	52,0	31,6	40,4

на себя внимание тот факт, что 4,2 % детей младшего школьного возраста и 2,5 % среднего и старшего школьного возраста заканчивают свои занятия в организациях дополнительного образования достаточно поздно, что может влиять на уменьшение времени полноценного сна ребенка, 10–17 % школьников испытывают значительные перегрузки, занимаясь дополнительно более 9 часов в неделю, 20,7 % школьников не проводят время на свежем воздухе ежедневно. Выявленные факты говорят о гигиенически нерациональном режиме работы некоторых учреждений дополнительного образования, об отсутствии навыков организации чередования умственной и физической нагрузки детей в течение дня, на что указывают и другие исследователи [14–17].

По данным литературных источников, чрезмерная образовательная нагрузка, отсутствие прогулок на свежем воздухе в режиме дня, неполноценный ночной отдых могут приводить к увеличению рисков нарушений здоровья развития заболеваний нервной, костно-мышечной, сердечно-сосудистой систем организма, ожирения [18–21].

На показатели охвата обучающихся дополнительным образованием в период проведения исследований, совпавшим с пандемией COVID-19, могли повлиять карантинные ограничения [22]. В рамках проведенного исследования данные ограничения не учитывались.

Большой удельный вес детей, проводящих свой досуг или работу за компьютером и мобильным телефоном более 2 часов в сутки, среди детей, не вовлеченных в дополнительное образование в сравнении с детьми, посещающими кружки/секции, демонстрируют именно тот ресурс, в котором дети предпочитают использовать свое свободное время в современных условиях, что согласуется с данными отечественных исследователей [23]. Повышение доступности дополнительного образования для детей, внедрение здоровьесберегающих технологий в систему дополнительного образования является существенным резервом здоровья школьников и требует государственного регулирования, о чем свидетельствуют многочисленные исследования [24–34].

Заключение. Проведенное исследование выявило проблему низкого охвата школьников занятиями в спортивных секциях, старшеклассников — занятиями в кружках и студиях. У детей не формируются навыки рациональной организации досуга, отмечается дефицит времени на прогулки, активный отдых и сон, что характерно для детей как занимающихся в кружках и секциях, так и не охваченных дополнительным образованием.

Список литературы

1. Coulangeon P. The impact of participation in extracurricular activities on school achievement of French middle school students: human capital and cultural capital revisited. *Soc Forces*. 2018;97(1):55–90. doi: 10.1093/sf/soy016
2. Petrović J, Cenić S, Dimitrijević D. Sports and physical engagement of elementary school students in their leisure time. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*. 2018;16(2):421–434. doi: 10.22190/FUPES180707038P
3. Зорина И.Г. Макарова В.В., Зорин И.А. Особенности психоэмоционального развития личности школьника до и во время периода изоляции // Профилактическая медицина 2020. Вызовы времени : Всероссийский форум с международным участием, посвященный 150-летию кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, Казань, 04 декабря 2020 года. Казанский государственный медицинский университет; Министерство здравоохранения Республики Татарстан. Казань: Отечество, 2020. С. 272–277.
4. Oberle E, Ji XR, Kerai S, Guhn M, Schonert-Reichl KA, Gadermann AM. Screen time and extracurricular activities as risk and protective factors for mental health in adolescence: A population-level study. *Prev Med*. 2020;141:106291. doi: 10.1016/j.ypmed.2020.106291
5. Yilmaz A. Parent expectations towards participation to extracurricular sport activity of high school students. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*. 2018;22(4):216–225. doi: 10.15561/18189172.2018.0408
6. Машинистова Н.В. Нормативно-правовое обеспечение системы дополнительного образования детей в Российской Федерации. Педагогика: традиции и инновации: материалы III Международной научной конференции. Челябинск: Два комсомольца. 2013. С. 37–40.
7. Иглина Н.Г., Косяченко Е.Ю. Причины нарушения здоровья детей в системе дополнительного образования // Достижения современной науки: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции [Электронный ресурс], София, Болгария, 07 октября 2016 года. Под общей редакцией А.И. Вострещева. София, Болгария: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострещев Александр Ильич), 2016. С. 224–228.
8. Мальгин В.Е. Образовательная среда учреждения дополнительного образования детей в условиях закрытого административно-территориального

- образования // Молодой ученый. 2014. № 2 (61). С. 787–789.
9. Грицина О.П., Транковская Л.В., Переломова О.В., Паричук К.А., Щепинская О.Л. Особенности состояния здоровья детей, посещающих организации дополнительного образования // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2016. № 1 (64). С. 33–37.
10. Казин Э.М., Кошко Н.Н., Галынская Е.Н., Гуляева М.А., Соловей О.А. К вопросу о социально-психологической адаптации обучающихся в условиях дополнительного образования // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2017. № 3 (27). С. 88–95.
11. Бурьянова А.А. Здоровье школьников через дополнительное физкультурное образование // Физическая культура, спорт, безопасность жизнедеятельности: актуальные проблемы, достижения и перспективы: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Хабаровск, 25–26 марта 2020 года. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2020. С. 62–64.
12. Чедов К.В. Взаимодействие учреждений общего и дополнительного образования с семьей по вопросам формирования культуры здоровья детей // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 1. С. 44–48.
13. Грицина О.П., Транковская Л.В., Нагирная Л.Н. Гигиеническая Оценка режима дня и умственной работоспособности детей, посещающих организации дополнительного образования. Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 2. С. 185–189. doi: 10.18821/00169900-2016-95-2-185-189
14. Андришунас А.М., Устинова О.Ю. Негативное влияние интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса на состояние здоровья учащихся начальных классов // Здоровье и окружающая среда : сборник материалов международной научно-практической конференции: в 2 т., Минск, 15–16 ноября 2018 года. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека. 2018. С. 168–171.
15. Грицина О.П., Транковская Л.В., Яценко А.К., Тарасенко Г.А. Комплексное исследование условий пребывания и мероприятий по сохранению здоровья детей, посещающих организации дополнительного образования // Дальневосточный медицинский журнал. 2019. № 2. С. 40–45. doi: 10.35177/1994-5191-2019-2-40-45
16. Грицина О.П., Транковская Л.В., Переломова О.В., Тарасенко Г.А., Анищенко Е.Б. Характеристика условий пребывания и состояние здоровья детей, посещающих организации дополнительного образования // Экология человека. 2020. № 3. С. 16–22. doi: 10.33396/1728-0869-2020-3-16-22
17. Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Эйфельд Д.А., Зенина М.Т. Особенности вегетативного и тиреоидного статуса у школьников при различной напряженности учебного процесса // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 2. С. 183–188. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-183-188
18. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лукецкий К.П. и др. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 66–83. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08
19. Новикова И.И., Ерофеев Ю.В., Флянку И.П., Усачева Е.В., Куликова О.М. Двигательная активность и индивидуальные накопительные риски нарушения составляющих здоровья школьников // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 3. С. 279–285. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-279-285
20. Грицина О.П., Транковская Л.В., Семанов Е.В., Лисецкая Е.А. Факторы, формирующие здоровье современных детей и подростков // Тихоокеанский медицинский журнал. 2020. № 3 (81). С. 19–24. doi: 10.34215/1609-1175-2020-3-19-24
21. Кучма В.Р., Саньков С.В. Основные предикторы нарушений здоровья старшеклассников на современном этапе // European research: Сборник статей XXII Международной научно-практической конференции, Пенза, 14 августа 2019 года. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.). 2019. С. 175–179.
22. Павлов А.В., Гошин М.Е., Ершова В.С. Организации дополнительного образования в условиях карантина: аналитический обзор по результатам опроса // ПРО-ДОД. 2020. № 3 (27). С. 13–26.
23. Золотарева А.В., Синицын И.С. Повышение доступности дополнительного образования детей-новый вектор реализации государственной образовательной политики // Образовательная панорама. 2018. № 1 (9). С. 8–16.
24. Федоров В.А., Чедов К.В. Формирование культуры здоровья обучающихся на основе кластерного взаимодействия: потенциал регионального образовательного пространства // Образование и наука. 2019. Т. 21. № 9. С. 186–220. doi: 10.17853/1994-5639-2019-9-186-220
25. Козловских М.Е. Формирование у школьников действий по здоровьесбережению при освоении программ дополнительного образования технической направленности // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 72-4. С. 146–149.
26. Зеленцов И.А., Резникова Н.А., Фартушняк В.Ф., Воронкова О.В. Стратегия формирования здоровьесбережения в условиях интеграции общего и дополнительного образования // Управление качеством образования: теория и практика эффективного администрирования. 2017. № 3. С. 70–83.
27. Губарева М.А., Веряскина Н.П., Губарев А.В. Развитие двигательной активности у обучающихся в дополнительном образовании по основам безопасности жизнедеятельности // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 72-2. С. 56–59.
28. Гаевская О.В., Лотоненко А.В., Григорьева И. П. Структура и специфика работы во внешкольных учреждениях дополнительного образования детей // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3. № 7 (48). С. 29–32.
29. Акулинина Е.А. Формирование здорового образа жизни через занятия танцами в условиях учреждения дополнительного образования // Академическая публицистика. 2021. № 4. С. 571–575.
30. Кайгородова Л.Л. Методическая разработка «здоровьесберегающие технологии в системе дополнительного образования на уроках вокала. Музыкальная терапия» // Вестник науки и образования. 2020. № 20-1(98). С. 48–54.
31. Spengler S, Kuritz A, Rabel M, Mess F. Are primary school children attending full-day school still engaged in sports clubs? *PLoS One*. 2019;14(11):e0225220. doi: 10.1371/journal.pone.0225220
32. Chen S, Ho WK, Ahmed D. Physical activity and its relationship with life satisfaction among middle school students: A cross-culture study. *Sustainability*. 2020;12(17):6932. doi: 10.3390/su12176932

References

1. Coulangeon P. The impact of participation in extra-curricular activities on school achievement of French middle school students: human capital and cultural capital revisited. *Soc Forces*. 2018;97(1):55-90. doi: 10.1093/sf/soy016
2. Petrović J, Cenić S, Dimitrijević D. Sports and physical engagement of elementary school students in their leisure time. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*. 2018;16(2):421-434. doi: 10.22190/FUPES180707038P
3. Zorina IG, Makarova VV, Zorin IA. [Features of psycho-emotional development of the student's personality before and during the isolation period.] In: *Preventive Medicine 2020: Current Challenges: Proceedings of the All-Russian Forum with International Participation Dedicated to the 150th Anniversary of the Department of General Hygiene of the Kazan State Medical University, Kazan, December 4, 2020*. Kazan: Otechestvo Publ.; 2020:272-277. (In Russ.)
4. Oberle E, Ji XR, Kerai S, Guhn M, Schonert-Reichl KA, Gadermann AM. Screen time and extracurricular activities as risk and protective factors for mental health

- in adolescence: A population-level study. *Prev Med.* 2020;141:106291. doi: 10.1016/j.ypmed.2020.106291
5. Yilmaz A. Parent expectations towards participation to extracurricular sport activity of high school students. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports.* 2018;22(4):216-225. doi: 10.15561/18189172.2018.0408
 6. Mashinistova NV. Normative and legal support of the system of additional education for children in the Russian Federation. In: *Pedagogy: Traditions and Innovations: Proceedings of the III International Scientific Conference, Chelyabinsk, April 20-23, 2013.* Chelyabinsk: Dva Komsomol'tsa Publ.; 2013:37-40. (In Russ.)
 7. Iglina NG, Kosyachenko EYu. [Causes of children's health disorders in the system of additional education.] In: *Achievements of Modern Science: Proceedings of the International (Correspondence) Scientific and Practical Conference, Sofia, Bulgaria, October 7, 2016.* Vostretsov AI, ed. Sofia, Bulgaria: Mir Nauki Publ.; 2016:224-228. (In Russ.)
 8. Malgin VE. [Educational environment of the institution of additional education for children in a closed administrative-territorial entity.] *Molodoy Uchenyy.* 2014;(2(61)):787-789. (In Russ.)
 9. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Perelomova OV, Parichuk KA, Shchepinskaya OL. Features of the state of health of children attending organizations of additional education. *Zdorov'e. Meditsinskaya Ekologiya. Nauka.* 2016;(1(64)):33-37. (In Russ.)
 10. Kazin EM, Koshko NN, Galynskaya EN, Gulyaeva MA, Solovey OA. Social-psychological adaptation of students in the conditions of additional education. *Professional'noe Obrazovanie v Rossii i za Rubezhom.* 2017;(3(27)):88-95. (In Russ.)
 11. Buryanova AA. Health of schoolchildren through additional physical education. In: *Physical Culture, Sports, Life Safety: Current Problems, Achievements and Prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Khabarovsk, March 25-26, 2020.* Khabarovsk: Pacific State University Publ.; 2020:62-64. (In Russ.)
 12. Chedov KV. Interaction of general and additional education institutions with the family on issues of forming culture of child health. *Nauchnoe Obozrenie. Pedagogicheskie Nauki.* 2019;(1):44-48. (In Russ.)
 13. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Nagirnaya LN. Hygienic assessment of day mode and mental performance in children attending establishments of additional education. *Gigiena i Sanitariya.* 2016;95(2):185-189. (In Russ.) doi: 10.18821/00169900-2016-95-2-185-189
 14. Andrishunas AM, Ustinova OYu. [Negative impact of the intensity and tension of the educational process on the health status of primary school students.] In: *Health and Environment: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, in 2 vol., Minsk, November 15-16, 2018.* Minsk: Republican Scientific Medical Library Publ.; 2018:168-171. (In Russ.)
 15. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Yatsenko AK, Tarasenko GA. Complex study of conditions of stay and action aimed at maintaining health of the children attending the organizations of optional education. *Dal'nevostochnyy Meditsinskiy Zhurnal.* 2019;(2):40-45. (In Russ.) doi: 10.35177/1994-5191-2019-2-40-45
 16. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Perelomova OV, Tarasenko GA, Anishchenko EB. Hygienic conditions of supplementary educational organizations and health of children. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2020;(3):16-22. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-3-16-22
 17. Shtina IE, Valina SL, Ustinova OYu, Eisfeld DA, Zenina MT. Peculiarities of autonomous and thyroidal state in school children under different intensity of educational process. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(2):183-188. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-183-188
 18. Zaitseva NV, Ustinova OYu, Luzhetskiy KP, et al. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health Risk Analysis.* 2017;(1):62-80. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08
 19. Novikova II, Yerofeev YuV, Flyanku IP, Usacheva EV, Kulikova OM. Physical activity and individual accidental risk of infringement of the health of schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(3):279-285. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-279-285
 20. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Semaniv EV, Lisetskaya EA. Factors forming the health of modern children and adolescents. *Tikhookeanskiy Meditsinskiy Zhurnal.* 2020;(3(81)):19-24. (In Russ.) doi: 10.34215/1609-1175-2020-3-19-24
 21. Kuchma VR, Sankov SV. The substantial predictors of health disturbances in high schoolchildren at the present stage. In: *European Research: Collection of Articles of the XXII International Scientific and Practical Conference, Penza, August 14, 2019.* Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ.; 2019:175-179. (In Russ.)
 22. Pavlov AV, Goshin ME, Ershova VS. Organizations of additional education under quarantine: an analytical review of the survey. *PRO-DOD.* 2020;(3(27)):13-26. (In Russ.)
 23. Zolotareva AV, Sinitsyn IS. Improving availability of supplementary education for children as a new agenda in the implementation of the state educational policy. *Obrazovatel'naya Panorama.* 2018;(1(9)):8-16. (In Russ.)
 24. Fedorov VA, Chedov KV. Actualisation of regional capacity educational space based on cluster interaction: The aspect of formation of training health culture. *Obrazovanie i Nauka.* 2019;21(9):186-220. (In Russ.) doi: 10.17853/1994-5639-2019-9-186-220
 25. Kozlovskikh ME. [Formation in schoolchildren of actions on health saving when mastering programs of additional education of technical orientation.] *Problemy Sovremennogo Pedagogicheskogo Obrazovaniya.* 2021;(72-4):146-149. (In Russ.)
 26. Zelentsov IA, Reznikova NA, Fartushnyak VF, Voronkova OV. [Health-saving strategy in the context of integration of general and additional education.] *Upravlenie Kachestvom Obrazovaniya: Teoriya i Praktika Effektivnogo Administrirovaniya.* 2017;(3):70-83. (In Russ.)
 27. Gubareva MA, Veryaskina NP, Gubarev AV. Development of motor activity in students in additional education on the basics of life safety. *Problemy Sovremennogo Pedagogicheskogo Obrazovaniya.* 2021;(72-2):56-59. (In Russ.)
 28. Gaevskaya OV, Lotonenko AV, Grigoryeva IP. [The structure and specifics of work in extracurricular institutions of additional education for children.] *Tsentral'nyy Nauchnyy Vestnik.* 2018;3(7(48)):29-32. (In Russ.)
 29. Akulinina EA. [Formation of a healthy lifestyle through dancing at facilities for extracurricular activities.] *Akademicheskaya Publitsistika.* 2021;(4):571-575. (In Russ.)
 30. Kaigorodova LL. Methodological development "health-saving technologies in the system of additional education in vocal lessons. Music therapy". *Vestnik Nauki i Obrazovaniya.* 2020;(20-1(98)):48-54. (In Russ.)
 31. Spengler S, Kuritz A, Rabel M, Mess F. Are primary school children attending full-day school still engaged in sports clubs? *PLoS One.* 2019;14(11):e0225220. doi: 10.1371/journal.pone.0225220
 32. Chen S, Ho WK, Ahmed D. Physical activity and its relationship with life satisfaction among middle school students: A cross-culture study. *Sustainability.* 2020;12(17):6932. doi: 10.3390/su12176932



Уровень тревожности у студентов медицинского вуза с физической активностью разной интенсивности

А.Э. Хусаинов¹, Т.Р. Зулкарнаев¹, А.И. Агафонов¹,
Е.А. Поварго¹, П.А. Мочалкин^{1,2}, А.Ф. Шамсутдинова¹

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Ленина, д. 3, г. Уфа, 450008, Российская Федерация

²ГБУЗ «Республиканский центр дезинфекции»,
ул. Мингажева, д. 127/1, г. Уфа, 450005, Российская Федерация

Резюме

Введение. В процессе обучения в высших учебных заведениях к студентам предъявляются высокие требования, которые не всегда соответствуют психоэмоциональной готовности учащихся. Новые условия жизни, сложность обучения, предстоящая сессия могут подавлять адаптационные возможности и приводить к развитию стресса у студентов. **Цель исследования:** оценить уровень тревожности у студентов медицинского университета с различной физической активностью.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 684 студента-медика (30,7 % юношей и 69,3 % девушек) в возрасте от 18 до 25 лет. На основе международного опросника International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) и в соответствии с показателями МЕТ (метаболический эквивалент) все учащиеся были разделены на 3 категории: категория 1 – студенты с низким уровнем физической активности, категория 2 – со средним уровнем физической активности и категория 3 – с высоким уровнем физической активности. Уровень ситуативной и личностной тревожности оценивали по опроснику Ч.Д. Спилбергера в адаптации Ю.Л. Ханина.

Результаты. По результатам исследования установлено, что в группе студентов с низкой физической активностью уровень ситуативной тревожности имел более высокие значения, чем в группе с высокой физической активностью ($42,18 \pm 3,67$ и $31,29 \pm 3,45$ балла соответственно, $p < 0,05$). Личностная тревожность также была выше у студентов с низкой физической активностью, чем с высокой ($47,69 \pm 3,71$ по сравнению с $33,30 \pm 3,50$ балла, $p < 0,01$). При анализе средних показателей уровней ситуативной и личностной тревожности среди юношей и девушек было выявлено, что в группе со средним уровнем физической активности у девушек достоверно выше, чем у юношей, уровень личностной тревожности ($48,14 \pm 3,81$ и $36,06 \pm 3,49$ балла соответственно, $p < 0,05$).

Выводы. Таким образом, были обнаружены статистически значимые различия в уровне тревожности студентов: более высокие показатели как ситуативной, так и личностной тревожности встречаются чаще у студентов-медиков с низкой физической активностью.

Ключевые слова: студенты, физическая активность, ситуативная тревожность, личностная тревожность.

Для цитирования: Хусаинов А.Э., Зулкарнаев Т.Р., Агафонов А.И., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Шамсутдинова А.Ф. Уровень тревожности у студентов медицинского вуза с физической активностью разной интенсивности // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 39–43. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-39-43>

Сведения об авторах:

✉ **Хусаинов** Артур Эдуардович – аспирант кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: arthtur.khusainov.1994@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1324-0391>.

Зулкарнаев Талгат Рахмьянович – д.м.н., профессор кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: talgat-zulkarnaev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3438-2089>.

Агафонов Артем Иванович – к.м.н., доцент кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: artem.agafonov02@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4848-1611>.

Поварго Елена Анатольевна – к.м.н., доцент кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: elena.povargo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-7775>.

Мочалкин Павел Александрович – к.м.н., доцент, заведующий кафедрой гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, главный врач ГБУЗ «Республиканский центр дезинфекции»; e-mail: marketing@dez-ufa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7415-1299>.

Шамсутдинова Алиса Флюровна – аспирант кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: 1512alisa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9249-0286>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Зулкарнаев Т.Р., Поварго Е.А.; сбор данных: Хусаинов А.Э.; анализ и интерпретация результатов: Поварго Е.А., Мочалкин П.А.; литературный обзор: Хусаинов А.Э.; подготовка рукописи: Хусаинов А.Э., Агафонов А.И., Шамсутдинова А.Ф. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г.; исследование одобрено на заседании ЛЭК ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации» (Протокол № 1 от 19.01.2022). От всех участников было получено информированное добровольное согласие.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 17.11.21 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

The Level of Anxiety among Medical University Students with Physical Activity of Different Intensity

Arthur E. Khusainov,¹ Talgat R. Zulkarnaev,¹ Artem I. Agafonov,¹
Elena A. Povargo,¹ Pavel A. Mochalkin,^{1,2} Alisa F. Shamsutdinova¹

¹Bashkir State Medical University, 3 Lenin Street, Ufa, 450008, Russian Federation

²Republican Disinfection Center, 127/1 Mingazhev Street, Ufa, 450005, Russian Federation

Summary

Introduction: High standards are set for university students in the learning process while young people are not always psychologically and emotionally ready to comply with such requirements. New living conditions, difficulties of higher education, and/or the forthcoming examination period can suppress adaptive capabilities and cause stress and anxiety in students.

Objective: To compare the levels of situational and personal anxiety in medical university students having different intensity

of physical activity.

Materials and methods: The study involved 684 medical students (30.7 % of boys and 69.3 % of girls) aged 18 to 25 years. Based on the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) and in accordance with the metabolic equivalent of task (MET) indicators, all students were divided into three groups by their physical activity intensity (low (1), moderate (2), and high (3)). The level of situational and personal anxiety was assessed using the State-Trait Anxiety Inventory, a 40-item self-completed questionnaire, developed by Charles D. Spielberger and adapted by Yuri L. Hanin.

Results: We established a higher level of situational anxiety in students with low physical activity compared to those with high intensity (42.18 ± 3.67 against 31.29 ± 3.45 points, respectively, $p < 0.05$). Similar results were obtained in groups 1 and 3 for personal anxiety (47.69 ± 3.71 against 33.30 ± 3.50 points, $p < 0.01$). The sex-specific analysis of average levels of situational and personal anxiety in group 2 showed higher personal anxiety in young women than in men (48.14 ± 3.81 against 36.06 ± 3.49 points, respectively, $p < 0.05$).

Conclusions: Our findings demonstrated a statistically significant inverse correlation between the levels of both situational and personal anxiety and the intensity of physical activity among the medical university students.

Keywords: students, physical activity, situational anxiety, personal anxiety.

For citation: Khusainov AE, Zulkarnaev TR, Agafonov AI, Povargo EA, Mochalkin PA, Shamsutdinova AF. The level of anxiety among medical university students with physical activity of different intensity. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):39–43. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-39-43>

Author information:

✉ Arthur E. Khusainov, Postgraduate student, Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: arthtur.khusainov.1994@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1324-0391>.

Talgat R. Zulkarnaev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: talgat-zulkarnaev@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3438-2089>.

Artem I. Agafonov, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: artem.agafonov02@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4848-1611>.

Elena A. Povargo, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: elena.povargo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-7775>.

Pavel A. Mochalkin, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; Head doctor Republican Disinfection Center; e-mail: marketing@dez-ufa.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7415-1299>.

Alisa F. Shamsutdinova, Postgraduate student, Department of Hygiene with a Course of Preventive Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: 1512alisa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9249-0286>.

Author contributions: study conception and design: Zulkarnaev T.R., Povargo E.A.; data collection: Khusainov A.E.; analysis and interpretation of results: Povargo E.A., Mochalkin P.A.; literature review: Khusainov A.E.; draft manuscript preparation: Khusainov A.E., Agafonov A.I., Shamsutdinova A.F. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was carried out in compliance with the ethical requirements of the WMA Declaration of Helsinki 2000 and the Oviedo Convention on Human Rights and Biomedicine 1999 Study approval was provided by the Local Ethics Committee of the Bashkir State Medical University (Minutes No. 1 of January 19, 2022). Written informed consent was obtained from all participants.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: November 17, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Время поступления в университет и последующее обучение являются большим стрессом для молодых людей [1–6]. Современные условия организации учебного процесса, характеризующиеся большим объемом учебной нагрузки, приводят у студентов к повышению интенсивности умственной работы в сочетании с эмоциональным напряжением [7–10]. В результате воздействия указанных факторов у студентов отмечается снижение работоспособности и успеваемости [11]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что более чем у половины студентов зафиксирован умеренный или высокий уровень тревожности [12]. Двигательная активность имеет большое значение как фактор укрепления здоровья и повышения работоспособности студентов [13]. Выявлено, что психофизиологические свойства личности взаимосвязаны с привычной двигательной активностью учащихся. Физические упражнения оказывают выраженный антистрессорный эффект, в результате которого снижается уровень тревожности и психоэмоционального напряжения [14, 15]. По данным Е.В. Мудриевской [16], Л.Н. Волошиной и соавт. [17] и др., только треть студентов вузов выполняют ежедневную норму двигательной активности. С одной стороны, выявленная низкая двигательная активность может являться свидетельством недостаточного интереса к занятиям физической культурой, с другой стороны удовлетворить в полной мере свою потребность в движении студенту не позволяет большая загруженность в учебном плане и недостаток свободного времени [18].

Цель исследования: оценить уровень тревожности у студентов медицинского вуза с различным уровнем физической активности.

Материалы и методы. Исследования были проведены на базе Башкирского государственного медуниверситета. Всего было обследовано 672 студента, при этом юноши составили 30,7 % и девушки 69,3 %. Критерием включения в группы исследования служили возраст от 18 до 25 лет, обучение в организации высшего образования не менее 1 года, информированное согласие студента на участие в исследовании.

Уровень физической активности определен на основе международного опросника International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), в котором для численной оценки уровня физической активности используется показатель MET (метаболический эквивалент – это показатель, косвенно отражающий активность метаболических процессов в организме путем расчета уровня потребления кислорода при заданной нагрузке).

В соответствии с показателями MET все обследованные делятся на 3 категории.

Категория 1: низкий уровень физической активности. Включает тех студентов, которые не подходят к критериям двух следующих категорий, считаются малоподвижными/неактивными.

Категория 2: средний уровень физической активности. Любой из следующих 3 критериев: а) 3 и более дня в неделю физической активности высокой интенсивности, продолжительностью не менее 20 минут, или б) 5 и более дней в неделю физической активности умеренной степени или ходьбы, продолжительностью не менее 30 минут, или в) 5 и более дней в неделю нагрузок любой интенсивности, с достижением уровня метаболических затрат 600 MET-мин/нед.

Категория 3: высокий уровень физической активности. Любой из следующих 2 критериев:

а) 3 и более дня в неделю физической активности высокой интенсивности, с достижением уровня метаболических затрат 1500 MET-мин/нед. или б) 7 дней в неделю нагрузок любой интенсивности, с достижением уровня метаболических затрат 3000 MET-мин/нед. [19].

В соответствии с данными критериями все обследованные студенты были разделены на 3 группы: в первую группу вошли студенты с высокой физической активностью – 26,93 % от всего контингента наблюдаемых, во вторую – со средним уровнем – 38,84 % обследованных, в третью – с низкой физической активностью (34,23 %).

Для оценки тревожности использовался опросник Ч.Д. Спилбергера в адаптации Ю.Л. Ханина, который состоит из двух частей. Одна часть оценивает личностную, а вторая – ситуативную тревожность человека. Каждая часть опросника состоит из 20 утверждений. В опроснике личностной тревожности испытуемому нужно оценить, как часто он(а) испытывает данные чувства или находится в определенном состоянии, выбрав один вариант из четырех («Почти никогда»; «Иногда»; «Часто»; «Почти всегда»). В опроснике ситуативной тревожности испытуемый определяет степень выраженности своей тревоги в настоящее время, рассматривая ряд утверждений, оценивая их по принципу «Нет, это совсем не так»; «Пожалуй, так»; «Верно» или «Совершенно верно». При интерпретации показателей ситуативной и личностной тревожности использовали следующие ориентировочные оценки: уровень тревожности до 30 баллов указывает на низкую тревожность, показатель от 31 до 44 баллов – на среднюю, а уровень 45 и более баллов – на высокую. Показатели личностной тревожности даже у здоровых людей варьируют в широких пределах – от 25 до 60 баллов¹.

Расчеты осуществляли с помощью программы *Microsoft Office Excel* и системы для статистического анализа данных *Statistica 10*. Результаты

описательной статистики представлялись в виде средней арифметической (M) и стандартной средней ошибки ($\pm m$). Для выявления статистически значимых различий ($p < 0,05$) применяли параметрический критерий t (Стьюдента).

Результаты исследования. Оценка тревожности по опроснику Спилбергера – Ханина¹ показала, что уровень ситуативной тревожности у студентов с низкой физической активностью имел более высокие значения, чем у студентов с высоким уровнем физической активности ($42,18 \pm 3,67$ и $31,29 \pm 3,45$ балла соответственно, $p < 0,05$) (табл. 1).

При рассмотрении личностной тревожности было обнаружено, что у студентов с высокой физической активностью уровень тревожности имел более низкие значения, чем у студентов с низким и средним уровнем физической активности ($33,30 \pm 3,50$ по сравнению с $44,44 \pm 3,08$ балла ($p < 0,05$) и $47,69 \pm 3,71$ балла ($p < 0,01$)). В женской подгруппе уровень личностной тревожности оказался достоверно выше у студентов с низкой физической активностью, чем с высокой ($48,7 \pm 3,81$ и $36,03 \pm 4,69$ балла соответственно, $p < 0,05$) (табл. 2).

При сопоставлении результатов в зависимости от пола студентов установлено, что в группе с средним уровнем физической активности у девушек уровень личностной тревожности достоверно выше, чем у юношей этой же группы ($48,14 \pm 3,81$ по сравнению с $36,06 \pm 3,49$ балла, $p < 0,05$), что, возможно, связано с гендерными различиями характера юношей и девушек (табл. 2).

Обсуждение. Анализ современной научной литературы свидетельствует о возрастании актуальности исследования влияния физической активности на показатели ситуативной и личностной тревожности студентов.

При изучении уровня тревожности обучающихся похожие результаты были получены у ряда авторов. Так, по данным исследований Руженковой В.В. и соавт., у 64,5 % студентов

Таблица 1. Средние показатели уровня ситуативной тревожности у студентов с различным уровнем физической активности по шкале Спилбергера – Ханина в баллах

Table 1. Average indicators of the level of situational anxiety in students with different intensity of physical activity on the Spielberger-Hanin scale in points

Пол / Gender	Уровень физической активности / Physical activity intensity			Достоверность различий внутри групп / Statistical significance of differences within groups
	высокий / high (1)	средний / moderate (2)	низкий / low (3)	
Юноши / Boys	28,14 ± 5,16	33,23 ± 5,55	40,70 ± 6,45	нет различий / there are no differences
Девушки / Girls	34,84 ± 4,65	39,45 ± 3,56	42,66 ± 3,77	нет различий / there are no differences
Всего / Total	31,29 ± 3,45	38,14 ± 3,01	42,18 ± 3,67	$p_{1-3} < 0,05$

Таблица 2. Средние показатели уровня личностной тревожности у студентов с различным уровнем физической активности по шкале Спилбергера – Ханина в баллах

Table 2. Average indicators of the level of personal anxiety in students with different intensity of physical activity on the Spielberger-Hanin scale in points

Пол / Gender	Уровень физической активности / Physical activity intensity			Достоверность различий внутри групп / Statistical significance of differences within groups
	высокий / high (1)	средний / moderate (2)	низкий / low (3)	
Юноши / Boys	30,89 ± 5,30	36,06 ± 3,49*	44,52 ± 6,53	нет различий / there are no differences
Девушки / Girls	36,03 ± 4,69	48,14 ± 3,81*	48,7 ± 3,81	$p_{1-3} < 0,05$
Всего / Total	33,30 ± 3,50	44,44 ± 3,08	47,69 ± 3,71	$p_{1-3} < 0,01$ $p_{1-2} < 0,05$

Примечание: * – $p < 0,05$ (достоверность различий по полу).

Note: * $p < 0.05$ for sex-specific differences.

¹ Адаптация методики Ю.Л. Ханина. Ханин Ю.Л. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Ленинград. 1976. 18 с.

обнаруживался повышенный уровень тревожности [20]. В исследованиях Пискун О.Е. и соавт. отмечается, что у студентов первого и второго курса наблюдался высокий уровень как ситуативной (45,57 и 45,67 балла), так и личностной (52,39 и 51,28 балла) тревожности [21].

Результаты нашей работы согласуются с данными исследований других авторов, которые выявляют повышение уровня тревожности у студентов с низким уровнем физической активности. В работе Зарубиной А.А. и соавт. наблюдались более низкие показатели тревожности у студентов с высоким уровнем физической активности, которые связывают такие полученные данные с тем, что, возможно, в ходе различных тренировок эти студенты научились управлять уровнем тревожности путем развития своей силы воли, применяя педагогические и психологические методы воздействия [22]. В публикации Синюшкиной С.Д. отмечается, что уровень тревожности выше у обследуемых с низким уровнем физической активности, чем с высоким ($33 \pm 4,77$ балла по сравнению с $46 \pm 8,07$ балла для ситуативной и $38 \pm 6,03$ балла по сравнению с $45 \pm 8,33$ балла для личностной тревожности соответственно, $p < 0,01$). Эти показатели отражают тенденцию к высокой тревожности. Это подтверждает тот факт, что постоянная физическая нагрузка положительно влияет на психологическое состояние и способствует повышению устойчивости к стрессу [23].

Также ряд других авторов указывают на положительное влияние физических нагрузок на уровень тревожности. Так, в работе [24] отмечено, что физическая активность является одним из самых эффективных средств снятия психологического дискомфорта и борьбы с тревожным состоянием. Занятия физической культурой позволяют снизить нервное напряжение, повысить работоспособность и совершенствовать физические качества. Использование средств физической культуры является необходимым условием для полноценной жизни и улучшения своего психического здоровья.

Выводы

1. Установлено, что уровень ситуативной тревожности у студентов с низкой физической активностью имел более высокие значения, чем в группе с высокой физической активностью ($42,18 \pm 3,67$ и $31,29 \pm 3,45$ балла соответственно), при этом гендерных различий не выявлено.

2. Личностная тревожность также была выше у студентов с низкой физической активностью ($47,69 \pm 3,71$ по сравнению с $33,30 \pm 3,50$ балла у студентов с высокой физической активностью, $p < 0,01$), при этом анализ данных в зависимости от пола показал аналогичные различия только в женской подгруппе.

3. При сравнительном анализе полученных данных среди юношей и девушек установлено, что в группе с средним уровнем физической активности у девушек уровень личностной тревожности достоверно выше, чем у юношей этой же группы ($48,14 \pm 3,81$ по сравнению с $36,06 \pm 3,49$ балла, $p < 0,05$).

Список литературы

1. Bore M, Kelly B, Nair B. Potential predictors of psychological distress and well-being in medical students: a cross-sectional pilot study. *Adv Med Educ Pract*. 2016;7:125-135. doi: 10.2147/AMEP.S96802
2. Quek TT, Tam WW, Tran BX, et al. The global prevalence of anxiety among medical students: A meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(15):2735. doi: 10.3390/ijerph16152735
3. Pascoe MC, Hetrick SE, Parker AG. The impact of stress on students in secondary school and higher education. *Int J Adolesc Youth*. 2020;25(1):104-112. doi: 10.1080/02673843.2019.1596823
4. Griggs S. Hope and mental health in young adult college students: An integrative review. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv*. 2017;55(2):28-35. doi: 10.3928/02793695-20170210-04
5. January J, Madhombiro M, Chipamaunga S, Ray S, Chingono A, Abas M. Prevalence of depression and anxiety among undergraduate university students in low- and middle-income countries: A systematic review protocol. *Syst Rev*. 2018;7(1):57. doi: 10.1186/s13643-018-0723-8
6. Александров А.Г., Лукьяненко П.И. Изменение уровней тревожности студентов в условиях учебной деятельности // Научное обозрение. Медицинские науки. 2016. № 6. С. 5–14.
7. Qamar K, Khan NS, Bashir Kiani MR. Factors associated with stress among medical students. *J Pak Med Assoc*. 2015;65(7):753-755.
8. Hill MR, Goicochea S, Merlo LJ. In their own words: stressors facing medical students in the millennial generation. *Med Educ Online*. 2018;23(1):1530558. doi: 10.1080/10872981.2018.1530558
9. Милашечкин В.С., Логачев А.В., Милашечкина В.В. Оценка уровня тревожности иностранных студентов первого года обучения // Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 90-летию введения физической культуры как обязательной дисциплины в высшем образовании «Актуальные проблемы физического воспитания и спорта в вузе». Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. 2019. С. 174–176.
10. Бобрищева-Пушкина Н.Д., Кузнецова Л.Ю., Попова О.Л. Экзаменационный стресс у студентов медицинских вузов: распространенность, причины и профилактика // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 5. С. 456–460. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-5-456-460
11. Жукова Т.В., Горбачева Н.А., Харагургиева И.М. и др. Здоровье студентов как прогностическая модель здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4 (301). С. 36–41. doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41
12. Городецкая И.В., Коневалова Н.Ю., Захаревич В.Г. Исследование ситуативной и личностной тревожности студентов // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2019. Т. 18. № 5. С. 120–127. doi: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2019.5.120>
13. Сгонник Л.В., Иваненко Н.Н. Анализ двигательной активности студентов педагогического вуза // Таврический научный обозреватель. 2016. № 1-3 (6). С. 17–20.
14. Милашечкина Е.А., Бичева Г.В. Особенности проявления уровня тревожности у студенток специальной медицинской группы, имеющих дополнительный объем двигательной активности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 3 (169). С. 433–437.
15. Pascoe M, Bailey AP, Craike M, et al. Physical activity and exercise in youth mental health promotion: a scoping review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020;6(1):e000677. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000677
16. Мудриевская Е.В. Обоснование целесообразности и эффективности использования гимнастических упражнений йоги в физическом воспитании студентов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. № 2 (13). С. 130–137.
17. Волошина Л.Н., Кондаков В.Л., Третьяков А.А., Копейкина Е.Н., Крету М., Потоп В. Современные стратегии регулирования двигательной активности растущего человека в образовательном пространстве // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2018. № 2. С. 114–119. doi: 10.15561/18189172.2018.0208

18. Ушаков И.Б., Мелихова Е.П., Либина И.И., Губина О.И. Гигиенические и психофизиологические особенности формирования здоровья студентов медицинского вуза // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 8. С. 756–761. doi: 10.47470/0016-9900-2018-97-8-756-761
19. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr.* 2006;9(6):755-762. doi: 10.1079/phn2005898
20. Руженкова В.В., Руженков В.А., Гомеляк Ю.Н., Боева А.В. Учебный стресс: риск расстройств психического здоровья и формирования суицидального поведения у студентов-медиков первого курса // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2017. № 19 (268). С. 148–157.
21. Пискун О.Е., Петрова Н.Н., Пискун В.О. Оценка психического состояния студентов младших курсов на основе постоянного мониторинга // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. Т. 13. № 3. С. 1202–1213.
22. Зарубина А.А., Пойдунов А.А., Собынин Ф.И., Леонов Д.А., Мазко А.И., Никифорова Е.Ю. Корреляция уровня личностной тревожности у кикбоксеров с их спортивной квалификацией и свойствами нервной системы // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11-1. С. 135–140. doi: https://doi.org/10.17513/snt.38352
23. Синюшкина С.Д., Меркеева Е.О. Оценка влияния занятий спортом на устойчивость к стресс-факторам и психологическое состояние // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 4 (194). С. 517–520. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2021.4.p517-520
24. Лещева А.В., Давыдова О.С. Спорт как средство борьбы с тревожностью и стрессом студентов // Актуальные проблемы профессионально-прикладной физической культуры и спорта: Межвузовский сборник научно-методических работ / Под редакцией В.П. Сушенко. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020. С. 118–123.
25. Bore M, Kelly B, Nair B. Potential predictors of psychological distress and well-being in medical students: a cross-sectional pilot study. *Adv Med Educ Pract.* 2016;7:125-135. doi: 10.2147/AMEP.S96802
26. Quek TT, Tam WW, Tran BX, et al. The global prevalence of anxiety among medical students: A meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(15):2735. doi: 10.3390/ijerph16152735
27. Pascoe MC, Hetrick SE, Parker AG. The impact of stress on students in secondary school and higher education. *Int J Adolesc Youth.* 2020;25(1):104-112. doi: 10.1080/02673843.2019.1596823
28. Griggs S. Hope and mental health in young adult college students: An integrative review. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv.* 2017;55(2):28-35. doi: 10.3928/02793695-20170210-04
29. January J, Madhombiro M, Chipamaunga S, Ray S, Chingono A, Abas M. Prevalence of depression and anxiety among undergraduate university students in low- and middle-income countries: A systematic review protocol. *Syst Rev.* 2018;7(1):57. doi: 10.1186/s13643-018-0723-8
30. Aleksandrov AG, Lukyanenok PI. Change of levels of anxiety of students in learning activities. *Nauchnoe Obozrenie. Meditsinskie Nauki.* 2016;(6):5-14. (In Russ.)
31. Qamar K, Khan NS, Bashir Kiani MR. Factors associated with stress among medical students. *J Pak Med Assoc.* 2015;65(7):753-755.
32. Hill MR, Goicochea S, Merlo LJ. In their own words: stressors facing medical students in the millennial generation. *Med Educ Online.* 2018;23(1):1530558. doi: 10.1080/10872981.2018.1530558
33. Milashechkin VS, Logachev AV, Milashechkin VV. [Assessment of the anxiety level of foreign first-year students.] In: *Current Problems of Physical Education and Sports in Higher Education: Proceedings of the All-Russian Scientific and Methodological Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Introducing Physical Culture as a Compulsory Discipline in Higher Education, Moscow, January 30 – February 1, 2019.* Moscow: I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publ.; 2019:174-176. (In Russ.)
34. Bobrisheva-Pushkina ND, Kusnetsova LU, Popova OL. Examination stress among medical students: prevalence causes and prevention. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(5):456-460. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-5-456-460
35. Zhukova TV, Gorbacheva NA, Kharagurgieva IM, Belik SN, Kononenko NA, Sbykovskaya LV. Health of students as a prognostic model of nation's health. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(4(301)):36-41. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41
36. Gorodetskaya IV, Konevalova NY, Zakharevich VG. The study of the situational and personal anxiety of students. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta.* 2019;18(5):120-127. (In Russ.) doi: 10.22263/2312-4156.2019.5.120
37. Sgonnik LV, Ivanenko NN. [Analysis of motor activity of pedagogical university students.] *Tavrisheskiy Nauchnyy Obozrevatel.* 2016;(1-3(6)):17-20. (In Russ.)
38. Milashechkin EA, Bicheva GV. Particular manifestations of the level of anxiety at students of special medical group with additional amount of physical activity. *Uchenye Zapiski Universiteta im. P.F. Lesgafta.* 2019;(3(169)):433-437. (In Russ.)
39. Pascoe M, Bailey AP, Craike M, et al. Physical activity and exercise in youth mental health promotion: a scoping review. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020;6(1):e000677. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000677
40. Mudrievskaya EV. Rationale for feasibility and effectiveness the use of gymnastic yoga exercises in physical education of students. *Zdorov'e Cheloveka, Teoriya i Metodika Fizicheskoy Kul'tury i Sporta.* 2019;(2(13)):130-137. (In Russ.)
41. Voloshina LN, Kondakov VL, Tretyakov AA, Kopeikina EN, Cretu M, Potop V. Modern strategies for regulating the motor activity of preschool and school age children in the educational space. *Pedagogika, Psikhologiya i Mediko-Biologicheskie Problemy Fizicheskogo Vospitaniya i Sporta.* 2018;(2):114-119. doi: 10.15561/18189172.2018.0208
42. Ushakov IB, Melikhova EP, Libina II, Gubina OI. Hygienic and psychophysiological peculiarities of forming health of students of the medical university. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(8):756-761. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-756-761
43. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr.* 2006;9(6):755-762. doi: 10.1079/phn2005898
44. Ruzhenkova VV, Ruzhenkov VA, Gomeljak JuN, Boeva AV. Educational stress: risk of mental disorders and suicidal behavior in the first and second year medical students. *Nauchnye Vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya.* 2017;(19(268)):148-157. (In Russ.)
45. Piskun OE, Petrova NN, Piskun VO. Assessment of mental state of students, which basis on permanent monitoring. *Zdorov'e — Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2018;13(3):1202-1213. (In Russ.)
46. Zarubina AA, Poydunov AA, Sobyenin FI, Leonov DA, Matsko AI, Nikiforova EYu. The correlation between trait anxiety, sports qualifications and nervous system properties in kickboxers. *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii.* 2020;(11-1):135-140. (In Russ.) doi: 10.17513/snt.38352
47. Sinyushkina SD, Merkeeva EO. Assessment of the impact of sports on resistance to stress factors and psychological state. *Uchenye Zapiski Universiteta im. P.F. Lesgafta.* 2021;(4(194)):517-520. (In Russ.) doi: 10.34835/issn.2308-1961.2021.4.p517-520
48. Leshcheva AV, Davydova OS. [Sports as a means of managing anxiety and stress in students.] In: Sushchenko VP, ed. *Current Problems of Professional Applied Physical Culture and Sports: Intercollegiate Collection of Scientific and Methodological Works.* St. Petersburg: Polytech-Press Publ.; 2020:118-123. (In Russ.)



© Шербаков Г.Д., Бессонов В.В., 2022

УДК 613.2, 664.66.014

**Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение первое**Г.Д. Шербаков^{1,2}, В.В. Бессонов¹¹ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Устьинский пр-д, д. 2/14, г. Москва, 109240, Российская Федерация²ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское ш., д. 19А, г. Москва, 117105, Российская Федерация**Резюме**

Введение. Данные химического состава пищевых продуктов являются востребованными для решения многих задач как в медицинской, так и в социальной сфере. Востребованной является разработка механизмов актуализации действующих баз данных химического состава пищевых продуктов, в том числе требуется изменение подходов к получению первичных данных и разработка алгоритмов их обработки.

Цель: разработка алгоритма получения статистически корректных значений средних концентраций и вариабельности основных микро- и макронутриентов в хлебобулочных изделиях.

Материалы и методы. Для разработки и апробации алгоритма использовались данные лабораторных исследований хлебобулочных изделий, выполненные в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» в 2020 году лабораториями Роспотребнадзора.

Результаты. Хорошую разделяющую способность продемонстрировала кластеризация методом k-средних на две группы по показателю содержания жира. Предложен алгоритм генерализации данных, полученных от разных лабораторий, в связи с тем что не представляется возможным провести оценку совокупности ошибок (аналитической, лабораторного персонала, ввода и других). Для оценки результативности каждого этапа и алгоритма в целом использовалась величина отклонения получаемой вариабельности от исходной. В результате обработки этот показатель составил от 5 % для содержания углеводов и до 72 % для содержания жира. Для содержания углеводов, золы, пищевых волокон, витамина В₁, натрия и влажности в обоих кластерах получены статистически значимые различия между обработанными значениями и исходными данными. Данный результат и сопоставимость полученных значений среднего и вариабельности со справочными могут свидетельствовать о корректности работы алгоритма. Для полученных значений содержания жира и белка статистически значимые отличия отсутствуют, но также фиксируется совпадение порядков значений со справочными.

Заключение. Разработанный алгоритм позволил получить актуальные сведения о химическом составе хлебобулочных изделий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на апробацию и, в случае необходимости, корректировку алгоритма для всех основных групп пищевых продуктов.

Ключевые слова: качество пищевых продуктов, база данных химического состава пищевых продуктов, цифровая нутрициология, стандартизация данных, обработка результатов лабораторных исследований, классификация пищевых продуктов.

Для цитирования: Шербаков Г.Д., Бессонов В.В. Подходы к алгоритму анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава хлебобулочных изделий. Сообщение первое // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 44–53. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-44-53>

Сведения об авторах:

✉ Шербаков Григорий Дмитриевич – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга анализа и прогнозирования ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, аспирант ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>.

Бессонов Владимир Владимирович – д.б.н., заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Бессонов В.В., Шербаков Г.Д.; сбор данных: Шербаков Г.Д.; анализ и интерпретация результатов: Шербаков Г.Д.; литературный обзор: Шербаков Г.Д.; подготовка рукописи: Бессонов В.В., Шербаков Г.Д. 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 не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 04.02.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Approaches to the Algorithm of Analyzing the Results of Laboratory Testing of Micro- and Macronutrient Content of Bakery Products: Part 1Grigory D. Shcherbakov,^{1,2} Vladimir V. Bessonov¹¹Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustyinsky Driveway, Moscow, 109240, Russian Federation²Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Highway, Moscow, 117105, Russian Federation**Summary**

Introduction: Data on the chemical composition of food products are important for solving many problems in medical and social spheres. The development of mechanisms for updating existing databases of the chemical composition of foodstuffs, including the need to change approaches to obtaining primary data and develop algorithms of their processing, is in demand.

Objective: To develop an algorithm of obtaining statistically correct values of average concentrations and variability of the main micro- and macronutrients in bakery products.

Materials and methods: To develop and test the algorithm, we used the results of testing bakery products obtained in 2020 within the Federal Project on Public Health Strengthening by the laboratories of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor).

Results: A good separating power was demonstrated by *k-means* clustering into two groups by the fat content. An algorithm for generalization of data obtained from different laboratories is proposed due to impossibility to assess the whole aggregate of potential errors related to testing, laboratory personnel, data entry, etc. To assess the effectiveness of each stage and the algorithm as a whole, we used the value of the deviation of the resulting variability from the initial one. As a result of processing, this indicator ranged from 5 % for the carbohydrate content to 72 % for the fat content. For the contents of carbohydrates, ash, dietary fiber, vitamin B1, sodium and moisture in both clusters, statistically significant differences were obtained between the processed and original data. This result and the comparability of the obtained values of the mean and variability with the reference ones may indicate the correctness of the algorithm. There were no statistically significant differences between the obtained values of fat and protein content, but the consistency of the order of values with the reference ones was also recorded.

Conclusion: The developed algorithm made it possible to obtain up-to-date information about the chemical composition of bakery products. Further research should be aimed at testing and, if necessary, adjusting the algorithm for all major food groups.

Keywords: food quality, databases of the chemical composition of food products, digital nutrition, data standardization, laboratory data processing, food classification.

For citation: Shcherbakov GD, Bessonov VV. Approaches to the algorithm of analyzing the results of laboratory testing of micro- and macronutrient content of bakery products: Part 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):44-53. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-44-53>

Author information:

✉ Grigory D. Shcherbakov, Head of the Department of Public Health Monitoring, Analysis and Forecasting, Federal Center for Hygiene and Epidemiology; postgraduate student, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: sherbakovgrigory@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9046-6837>.

Vladimir V. Bessonov, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Food Chemistry, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: bessonov@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>.

Author contributions: study conception and design: Bessonov V.V., Shcherbakov G.D.; data collection: Shcherbakov G.D.; analysis and interpretation of results: Shcherbakov G.D.; literature review: Shcherbakov G.D.; draft manuscript preparation: Bessonov V.V., Shcherbakov G.D. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: February 4, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Обеспечение здорового питания является одним из ключевых приоритетов для каждой страны, в том числе и для Российской Федерации. Нездоровое питание и низкая физическая активность выделены Всемирной организацией здравоохранения как одни из наибольших вкладов в риски для здоровья во всем мире [1]. Таким образом, и исследование состояния питания населения становится крайне важной задачей.

На самом верхнеуровневом представлении исследования состояния питания можно разложить на два этапа. Первый этап — получение данных о потреблении человеком пищевых продуктов и соответствующих микро- и макронутриентов, второй — сравнение полученных данных с рекомендуемыми значениями. Рекомендации в Российской Федерации установлены двумя основными документами^{1,2}. Данные документы проходят процесс актуализации и приведения в соответствие с современными представлениями о здоровом питании [2]. Важным является определение подходов к переходу от фактического к химическому составу рациона. Так, классическим подходом является использование данных справочника химического состава российских пищевых продуктов³. Исследования, которые легли в основу данного документа, проводились более чем 40 лабораториями СССР по одинаковым методикам и на схожих продуктах.

Воспроизведение подобного эксперимента в настоящий момент потребует подключение значительных ресурсов различных лабораторий, а также существенных финансовых затрат на приобретение всей постоянно растущей но-

менклатуры пищевой продукции, что, особенно в период распространения COVID-19, является практически нереализуемой задачей. В том числе даже при работе множества научных учреждений, имеющих целью создание базы данных, требуется серьезная поддержка государства для, например, признания ее в качестве национальной, а также выделение соответствующих информационных ресурсов для поддержания доступности и информационной безопасности [3]. В связи с этим особо значимой становится разработка методологии актуализации данных о химическом составе пищевых продуктов на основе данных регулярных исследований, проводимых Роспотребнадзором⁴. Учитывая, что сопряжение баз данных является непростой задачей, при этом каждая база данных носит национальный характер, применение данных, полученных именно путем химического анализа, считается наиболее корректным и используется для сравнения результатов, полученных математически и непосредственно на реальном объекте [4]. Этот же подход к выбору источников данных позволит оценить изменения в практически реальном времени, что является важным аспектом с точки зрения оценки изменения состояния питания населения и принятия соответствующих мер [5]. Для решения данной задачи становится некорректной и нецелесообразной оценка одного конкретного результата лабораторного исследования. Оценка же базы данных — множества измерений одного и того же показателя в разных продуктах одной группы различными испытательными лабораторными центрами — должна проводиться по некоторым мерам центральной тенденции,

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

² МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021.

³ Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

⁴ Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек», реализующийся в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

таким как среднее, мода или медиана. Однако получение данных мер и соответствующих им ошибок и диапазонов доверительных интервалов является комплексной задачей, включающей в себя как работу с первичными данными (удаление выбросов, обработка пропущенных значений, поиск недостоверных (подобранных) групп данных), так и оценку точности и правдоподобности полученной меры.

Актуальность данной темы также отражена в одном из направлений Стратегии повышения качества пищевой продукции⁵, а именно «Совершенствование и развитие методологической базы для оценки соответствия показателей качества пищевой продукции», содержащем в себе задачу создания базы данных показателей качества пищевой продукции, учитывающих естественную вариабельность энергетической и пищевой ценности.

Несмотря на актуальность вопроса в Российской Федерации, анализ статей за последнее время показал крайне малое внимание к вышеуказанной задаче. Так, в статье, посвященной именно базам данных химического состава [6], рекомендуется рассмотрение процесса создания двух существующих международных программ сбора и компиляции данных (RAOLIROBOB и EigoRNS), которые реализованы в качестве ресурсов для оказания помощи в создании и поддержании собственных национальных баз данных по пищевой химии. Основа базы данных включает в себя изучаемый продукт, способ его изготовления или приготовления, методы исследования химического состава и прочие сведения. Они отличаются от существующих печатных таблиц химического состава тем, что содержат более подробную информацию о всех соответствующих показателях. Кроме того, так как основой базы являются литературные данные о химическом составе (научные статьи, отчеты и др.), которые часто реализуются в виде электронных ресурсов, то это позволяет постоянно проводить обновление и актуализацию. Такая база продуктов питания может обеспечить обмен данными между странами и легкий доступ к соответствующим изменениям в ней [7].

Разработка базы данных по химическому составу пищевых продуктов по опыту RAOLIROBOB и EigoRNS представляет собой трехэтапную систему. Вначале осуществляется поиск литературных источников и определение их надежности. Выбор осуществляется на основании рекомендаций, таких как те, которые были разработаны в рамках программ FAO/INFOODS [8, 9], EuroFIR [10]. На втором этапе необходимо, помимо собственно базы данных о всех интересующих свойствах, производстве, производителях и так далее, составить базу данных источников, откуда вся эта информация была получена и как она в дальнейшем будет обновляться. И на финальном этапе требуется создание справочной базы данных. Это означает переоценку достоверности данных о химическом составе архивной базы данных, расчет статистических параметров образцов и объединение информации для одних и тех же продуктов, обновление недостающих данных. Результатом этого этапа является создание справочной базы данных, которая может быть частично или полностью доступна для публичного использования.

Однако и у такого подхода есть определенная проблема, связанная в первую очередь с объемом входящих данных и, следовательно, ограничениями по применению базы данных. Таблицы и базы данных о составе пищевых продуктов доступны в большинстве стран, однако содержащиеся в них данные неизменно подвергаются критике за то, что они слишком неточны для многих целей. Например, использование таблиц состава пищевых продуктов для расчета потребления питательных веществ отдельными лицами считается слишком ненадежным для клинических исследований и исследований, связанных со здоровьем, поскольку содержание питательных веществ в пищевых продуктах сильно различается.

Точно так же производители пищевых продуктов не могут полагаться на существующие данные о составе для обеспечения точности, необходимой для регулятора, или собственной работы. Пользователям данных о составе пищевых продуктов требуется информация, выходящая за рамки простых значений питательных веществ или компонентов. Им требуются более точные описания пищевых продуктов, включающие происхождение данных. Запрашиваются данные о питательных микроэлементах и различных биологически активных формах питательных веществ, а также дополнительная информация о репрезентативности и качестве существующих данных. Поскольку такие данные и описания недоступны для пользователей в настоящее время, таблицы и базы данных нельзя с этой точки зрения считать полными и адекватными.

Когда в 1950–1960-х годах в Соединенных Штатах и Европе были созданы таблицы и базы данных о составе пищевых продуктов, произошел значительный обмен данными, чтобы можно было составить списки для интерпретации национальных обследований питания. В развивающихся странах масштабы заимствования данных для составления таблиц были еще выше. Большая часть информации о составе пищевых продуктов основана на устаревших технологиях и аналитических методах, которые были усовершенствованы с тех пор, когда впервые были собраны данные. Когда эти базы данных были созданы, разработчики предоставили однозначные результаты для состава питательных веществ продукта питания. Пользователи не были достаточно осведомлены о естественных вариациях в составе пищевых продуктов или различиях в составе продуктов из разных регионов. Описания и вариации не регистрировались большинством учреждений. Таким образом, невозможно определить, повлияли ли на сообщаемые значения факторы, которые, как теперь известно, являются важными. Кроме того, пользователи не могут быть уверены в ассортименте продуктов, представленных этими средними значениями. Таким образом, данные о составе пищевых продуктов недостаточны для нескольких важных целей, включая торговлю пищевыми продуктами, клинические исследования и международную эпидемиологию.

Большинство баз данных не содержат информации о качестве данных. Включенные значения являются теми, которые аналитики, предоставившие данные, считают надежными; редко

⁵ «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р.

бывает какая-либо гарантия того, что данные сопоставимы, или для пользователей объясняется сопоставимость данных.

Пользователи должны полагаться на объяснения аналитиков, чтобы знать влияние аналитических методов на данные о составе и судить, достаточно ли точны данные для их целей. Для оценки качества данных был разработан код с тремя категориями, от «ненадежный» до «настолько точный, насколько позволяют современные технологии и методы» [11], хотя до настоящего времени он применялся только для малопитательных веществ.

Значения, выбранные в качестве репрезентативных, будут использоваться для определения того, соответствует ли потребление отдельными лицами рекомендуем нормам. В результате эти значения влияют на решения, принимаемые дистрибьюторами и производителями продуктов питания. Тем не менее профессионалы, которые рассчитывают индивидуальное потребление питательных веществ, часто не могут решить, какие записи в базе данных представляют фактически съеденную пищу, потому что информация не включает подробностей о переменных факторах, влияющих на состав пищи, таких как условия выращивания, стадия зрелости или рецептура продукта. Такую неопределенность можно свести к минимуму за счет более точного описания источника данных и условий выращивания, хранения и обработки. Разработчики баз данных могут способствовать лучшему принятию решений, предоставляя детали, объясняющие значения пищевых компонентов.

Изменения в аналитических методах привели к новым значениям питательных веществ. Например, данные о содержании витаминов во многих пищевых продуктах были пересмотрены в национальных таблицах после более широкого использования оборудования для жидкостной хроматографии высокого давления (ВЭЖХ). Так, например, повторный анализ значений бета-каротина в Восточной Африке [12] показал, что ранее примененные методы завышали количество этого питательного вещества в пищевых продуктах в два раза. Эти результаты могут повлиять на продовольственную политику в странах Восточной Африки. В этом случае предположения об содержании витамина А в рационе детей резко изменятся в результате изменения данных о составе пищи. Мало того, что проблемы с питанием определены более точно, последующие вмешательства будут более эффективными для спасения детей от необратимого ущерба. Наконец, затраты на вмешательства могут быть рассчитаны более точно.

Поскольку для повторного анализа широко употребляемых пищевых продуктов в развивающихся странах используются более новые методы, разумно ожидать, что аналогичные преимущества будут документально подтверждены и в других случаях. В результате вмешательства обещают быть более эффективными в плане улучшения состояния питания населения.

Также достаточно широко рассматривается проблема вариативности отдельных показателей в пищевых продуктах, таких как витамин D в молоке [13], антиоксиданты в томатах в зависимости от сезона [14], фенольная кислота в различных бобовых культурах [15].

В качестве продукта для апробации подходов была выбрана группа хлебобулочных изделий, как лежащая в основе пищевой пирамиды [16], так и являющаяся традиционной основой рациона во многих странах [17, 18].

Цель исследования — разработать методы получения статистически достоверных сведений о микро- и макронутриентном составе хлебобулочных изделий на основе данных неспециализированных исследований.

Методы исследования. В качестве базы данных для оценки результативности и корректности разрабатываемых методов была выбрана база результатов исследований качества и безопасности пищевых продуктов, выполненных в рамках федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»⁶. Для хлебобулочных изделий размер выборки составил 615 исследований ($N = 615$), количество лабораторий, проводивших исследования, составило 20 учреждений. В группу вошли такие виды хлеба, как ржано-пшеничный, «Дарницкий», белый пшеничный, бородинский и прочие доступные для приобретения в магазинах на территории Российской Федерации.

Для получения корректных значений среднего, а также коэффициента вариации необходимо гомогенизировать исходные данные. С этой целью первым этапом необходимо провести оценку наличия выбросов данных. В данной работе в связи с тем, что распределение исследуемых величин является нормальным (тест Шапиро — Уилка, $p > 0,05$), целесообразно применение правила трех сигм — по всем показателям по исходному массиву определялись среднее и стандартное отклонение, затем все значения, отклоняющиеся от среднего более чем на 3 стандартных отклонения, обозначались как выбросы и соответствующие исследования (строки в базе данных) удалялись из дальнейшего анализа. Стоит сделать уточнение, что при работе с большим количеством показателей и, как следствие, потенциально большим количеством выпадающих значений, стоит использовать более современные методы и оценивать их эффективность для каждого конкретного случая [19].

Для реализации последующих этапов необходимо исключение пропущенных значений в базе данных. В связи с небольшим, по сравнению с общим количеством, пропущенных значений в данной работе они исключались из дальнейшего анализа. Однако при воспроизведении алгоритма на более неполных базах данных целесообразно пропущенные значения заменять средним, модой или медианой, в зависимости от характера распределения исходных значений [20]. Несмотря на то что современные статистические методы, предложенные различными авторами, такие как применение аппарата нечеткой логики [21] или логистической регрессии [22], позволяют повысить качество данных, они требуют дополнительного анализа для адаптации их применения именно к пищевым продуктам, так как необходимо учитывать возможные внутренние корреляции параметров. Так, например, по данным [23], для кукурузы характерно наличие статистически значимой корреляции, обнаруженной между питательными

⁶ Паспорт национального проекта Демография (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16).

веществами, минералами и тяжелыми металлами, которые могут быть использованы для прогнозирования содержания растворимых волокон, цинка, свинца и фосфора. Одновременно с этим не стоит оставлять без внимания вопрос компьютерной сложности организации подобных вычислений для нестатистических методов [24]. Учитывая растущие объемы лабораторных исследований, необходимо соблюдать баланс между сложностью и соответственно временем вычислений [25].

В связи с тем что анализ проводится по обобщенной группе продуктов, необходимо либо проводить синтаксический анализ названий продуктов для выделения подгрупп продукции и дальнейшего анализа уже внутри них [26, 27], что является сложной задачей, которая при низком качестве ввода исходных данных будет давать некорректные результаты, либо проводить кластеризацию исходного массива данных. Дополнительной причиной применения кластеризации является необходимость усреднения группы продуктов в связи с тем, что нельзя говорить с точки зрения торговых наименований о постоянстве рациона. Кластеризацию результатов исследований предполагалось проводить по показателям, характеризующим потребительские свойства (например, входящие в сортность соответствующего продукта), которые позволяют получить качественное разделение на группы. Начальное число кластеров для анализа определялось исходя из структуры данных или имеющихся сведений о группах продукции по потребительским свойствам, например по имеющимся сортам в соответствии со стандартами. В качестве метода кластеризации использовался метод *k*-средних. Несмотря на известные проблемы и ограничения данного метода [28], для полученных однородных данных его можно считать достаточно результативным.

Так как результаты получены на неоднотипных продуктах множеством лабораторий на различном оборудовании, с разной точностью, необходимо последним этапом произвести нормализацию данных. Для нормализации данных предлагается использовать методологию, используемую для анализа результатов исследований крови [29]. Несмотря на то что указанный метод имел при разработке другую сферу применения, с точки зрения стандартизации результатов исследований не имеет существенного значения объект исследования. Так, биологическая вариабельность, которая является частью общей вариабельности у пищевых продуктов, характерна и для исследований, проведенных в рамках клинической лабораторной диагностики. Аналогично можно оценить вариабельность, вклад которой обусловлен оборудованием и квалификацией персонала, — для любых неавтоматизированных исследований на прецизионном оборудовании невозможно исключение случайной ошибки, вносимой указанными факторами. В случае рассмотрения серии исследований на неоднородном материале ошибка становится случайной еще и во времени.

В соответствии с упомянутой методикой нормирование данных осуществляется с использованием следующей формулы:

$$y = (x - L_i) \times \frac{U_{CS} - L_{CS}}{U_i - L_i} + L_{CS}, \quad (1)$$

где y — нормализованное отдельное значение показателя;

x — исходное значение показателя;

L_i и U_i — нижний и верхний пределы для результатов отдельной лаборатории;

L_{CS} и U_{CS} — нижний и верхний предел для выбранной общей стандартной лаборатории или некоторой фантомной лаборатории.

В качестве стандартной лаборатории подразумевается лаборатория, обладающая наиболее точными результатами исследований за счет минимального влияния всех ранее указанных ошибок. Теоретически такой лабораторией можно признать одну или даже несколько после проведения внутрилабораторных сличительных испытаний на множестве однородного материала, который в дальнейшем будет исследоваться уже в реальных условиях. Однако это требует не только существенных временных и материальных затрат для организаторов подобных раундов сличительных испытаний, но и предполагает допущение о гомогенности химического состава пищевых продуктов, отобранных случайным образом в торговых точках.

В связи с этим становится целесообразным рассмотреть применение именно фантомной лаборатории. В качестве фантомной лаборатории будем считать некоторую абстракцию, выраженную нижним и верхним пределом обнаружения, которая для данной группы реальных данных о проведенных исследованиях будет характеризоваться наименьшей разницей между данными пределами. В связи с тем, что, как ранее было принято, выборка объектов для исследования не является однородной, поиск наиболее близких пределов из всей выборки для отдельных лабораторий будет являться ошибкой. Появление таких квази-однородностей означает либо подбор результатов под определенный диапазон, либо отбор и последующее исследование однотипных образцов, что является нарушением дизайна исследования.

В соответствии с работами [30] и [31] предложено использовать в качестве верхнего и нижнего пределов фантомной лаборатории соответствующие перцентили. Учитывая достаточно большое количество измерений в каждой группе (> 300), с целью получения более точной оценки статистических показателей были выбраны 20- и 80-процентные перцентили. Решение задачи оптимизации с целью определения минимального допустимого перцентиля, который обеспечит получение достоверных значений для каждой лаборатории по результатам предложенного преобразования при сохранении достоверной структуры данных, в работе не рассматривается. Однако по итогам апробации алгоритма на различных соотношениях экспертным путем именно использование указанного соотношения позволило соблюсти баланс между выходной точностью и потерей данных.

Таким образом, алгоритм получения точного значения приобретает следующий вид:

- 1) проверка на наличие выбросов данных и их удаление;
- 2) обработка пропущенных значений;
- 3) кластеризация полученных значений;
- 4) нормализация данных.

Дополнительным этапом, который может быть проведен перед реализацией указанного алгоритма, является оценка достоверности данных — исключение результатов отдельных лабораторий,

что результаты либо слишком сильно неточны, либо, наоборот, вероятно, являются искусственно подобранными.

Однако важно отметить, что причины и мотивация для корректировки или исключения результатов тестирования не указывают автоматически на мошенничество. Лабораторные процедуры должны позволять исправлять ошибки или исследовать неверные результаты. Неиспользованные, незарегистрированные или бесхозные данные могут быть вызваны чрезмерно упрощенными или слабыми методами документирования, неопытностью персонала или особенно сложными аналитическими методами.

Алгоритм и соответствующие вычисления реализованы на языке R версии 4.1.2 в среде разработки RStudio.

Результаты. Был проведен анализ исходных данных по исследуемой группе продуктов. Были рассчитаны основные меры описательной статистики для исходных данных (табл. 1). Чем ближе коэффициент вариации к 100 %, тем менее воспроизводимой и точной считалась величина.

Был проведен анализ на наличие выбросов значений по каждому из показателей. Для наглядности приведен пример с выпадающими значениями по содержанию белка и жира (рис. 1). Измерения,

которые по правилу трех «сигм» должны быть исключены из дальнейшего анализа, обозначены на рисунке квадратами. В качестве некоторой меры эффективности алгоритма было принято решение рассматривать разницу в коэффициенте вариации между значениями после каждого этапа и исходными данными (табл. 2).

Далее в соответствии с алгоритмом было произведено разделение данных на кластеры. В качестве кластерообразующих переменных были выбраны показатели содержания белка и жира, что, во-первых, позволяет отделить так называемый сэндвичный хлеб, характеризующийся высоким содержанием жира, и подобные виды, а во-вторых, дает достаточно хорошую разделяющую картину. Число кластеров 2 было определено с помощью пакета NbClust, который использует 30 различных индексов для определения оптимального количества кластеров, таких как, например, индекс Данна и индекс Дэвиса – Болдуина [32].

Результаты кластеризации представлены на рис. 2. В первый кластер вошло 457 исследований, которые расположены по левую сторону от разделяющей прямой, во второй – 158, они расположены по правую сторону от прямой.

Внутри полученных кластеров уже был произведен процесс нормализации данных в соответствии

Таблица 1. Меры описательной статистики исходных данных

Table 1. Descriptive statistics of initial data

Показатель / Parameter	Среднее / Mean	Стандартное отклонение / Standard deviation	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	1,83	1,53	83,19
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,58	1,06	13,99
Содержание золы, % / Ash content, %	1,58	0,46	29,13
Влажность, % / Moisture content, %	40,33	5,43	13,46
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	48,06	4,93	10,25
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	4,20	2,10	49,92
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,15	0,14	92,41
Na, мг/кг / Na, mg/kg	4264,09	1440,80	33,79

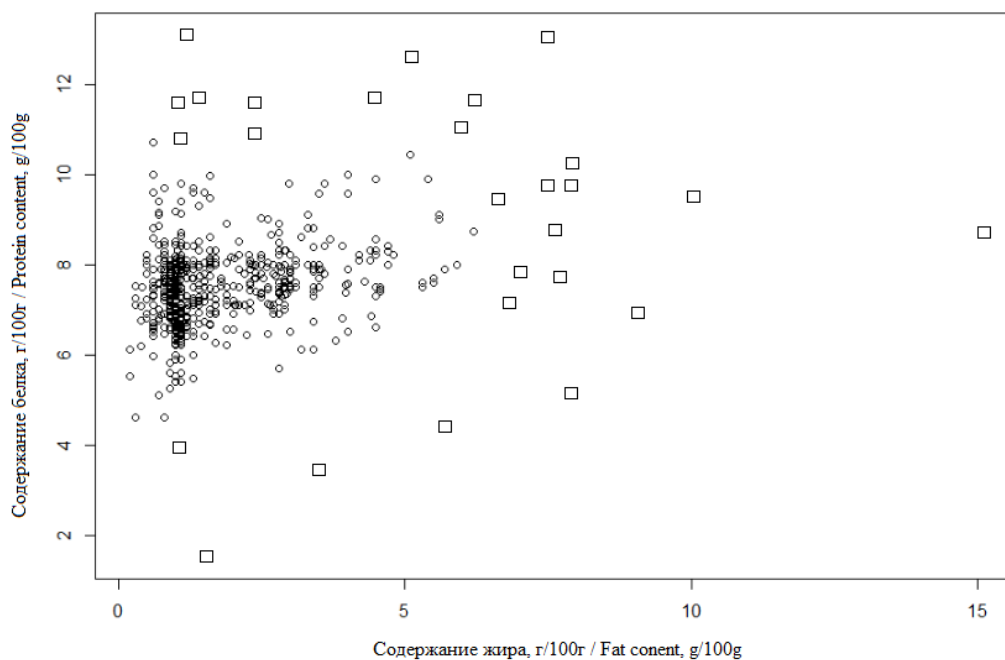


Рис. 1. Выбросы по содержанию белка и жира

Fig. 1. Fat and protein content outliers

Таблица 2. Разница в коэффициенте вариации после удаления выбросов
Table 2. The difference in the coefficient of variation after exclusion of outliers

Показатель / Parameter	Среднее / Mean	Стандартное отклонение / Standard deviation	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)	Разница в коэффициенте вариации с исходными данными / Difference in CV compared to initial data
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	1,66	1,13	67,86	15,33
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,51	0,79	10,46	3,53
Содержание золы, % / Ash content, %	1,58	0,40	25,43	3,70
Влажность, % / Moisture content, %	40,43	5,21	12,87	0,59
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	48,24	4,67	9,67	0,58
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	4,16	1,97	47,31	2,61
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,14	0,08	59,38	33,03
Na, мг/кг / Na, mg/kg	4167,47	1256,09	30,14	3,65

Таблица 3. Результаты кластеризации
Table 3. Results of clustering

Показатель / Parameter	Первый кластер / First cluster		Второй кластер / Second cluster	
	минимум / minimum	максимум / maximum	минимум / minimum	максимум / maximum
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	0,2	2,3	2,1	6,2
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	5,11	10	5,7	10,44
Содержание золы, % / Ash content, %	0	2,8	0,567	2,68
Влажность, % / Moisture content, %	23,9	52	22	50
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	36,11	66,4	36	62,2
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	0,6	9,4	0	9,15
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0	0,48	0	0,38
Na, мг/кг / Na, mg/kg	1369,4	7900	1036,2	8564

с ранее указанными формулами. Результаты нормализации представлены в табл. 4 и 5.

Для того чтобы оценить корректность всего алгоритма, полученные результаты сравнивались с таблицами химического состава (табл. 6).

Обсуждение. Значения получились сопоставимыми, а местами даже более близкими в характере распределения, по сравнению со значениями из справочника³. Исключениями являются содержание

жира во втором кластере, что обусловлено широким разбросом исходных значений показателя (от 2,1 до 6,2 г/100 г), и содержание витамина B₁ в том же кластере, что, вероятно, можно связать с небольшим количеством исследований в группе.

Для оценки статистически значимых отличий между полученными средними и исходными данными было решение использовать *t*-тест для парного сравнения (табл. 7). Значимыми считали

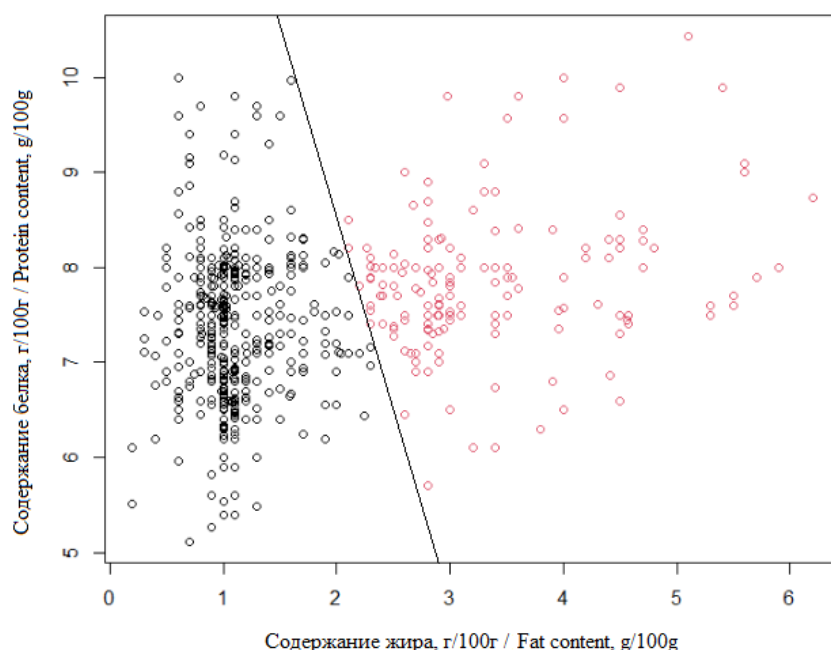


Рис. 2. Результаты кластеризации

Fig. 2. Clustering results

Таблица 4. Первый кластер. Хлеб с меньшим содержанием жира

Table 4. First cluster: Bread with a lower fat content

Показатель / Parameter	Среднее / Mean	Стандартное отклонение / Standard deviation	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)	Разница в коэффициенте вариации с исходными данными / Difference in CV compared to initial data
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	1,07	0,11	10,40	72,79
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,39	0,32	4,32	9,67
Содержание золы, % / Ash content, %	1,66	0,14	8,38	20,75
Влажность, % / Moisture content, %	42,67	2,07	4,86	8,60
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	46,89	1,92	4,09	6,16
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	4,46	1,16	25,91	24,01
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,14	0,03	20,70	71,71
Na, мг/кг / Na, mg/kg	4016,50	565,91	14,09	19,70

Таблица 5. Второй кластер. Хлеб с большим содержанием жира

Table 5. Bread with a higher fat content

Показатель / Parameter	Среднее / Mean	Стандартное отклонение / Standard deviation	Коэффициент вариации (CV) / Coefficient of variation (CV)	Разница в коэффициенте вариации с исходными данными / Difference in CV compared to initial data
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	3,23	0,51	15,65	67,54
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	7,80	0,30	3,80	10,19
Содержание золы, % / Ash content, %	1,51	0,20	13,14	15,99
Влажность, % / Moisture content, %	36,12	2,05	5,67	7,79
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	50,87	2,20	4,32	5,93
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	3,30	0,85	25,81	24,11
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,09	0,05	62,74	29,67
Na, мг/кг / Na, mg/kg	4078,05	506,28	12,41	21,38

Таблица 6. Сравнение результатов со справочными

Table 6. Comparison of the results with reference values

Показатель / Parameter	Первый кластер (CV), % / First cluster (CV), %	Табличное значение / Reference value	Второй кластер (CV), % / Second cluster (CV), %	Табличное значение / Reference value
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	10,40	13	15,65	10
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	4,32	7	3,80	7
Содержание золы, % / Ash content, %	8,38	–	13,14	–
Влажность, % / Moisture content, %	4,86	–	5,67	–
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	4,09	10	4,32	10
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	25,91	29	25,81	29
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	20,70	44	62,74	44
Na, мг/кг / Na, mg/kg	14,09	31	12,41	31

Примечание: величины, превышающие табличные, выделены жирным шрифтом.

Note: The values exceeding reference ones are in bold.

отличия при $p < 0,05$, выделены жирным шрифтом в таблице. Несмотря на то что применение статистических критериев определения достоверности различий после процедуры кластеризации и является обычно нецелесообразным, в данном случае имела место многоэтапная обработка и проверка значимости итогового результата должна быть произведена.

Закключение. Получение корректных значений для включения в базы данных химического со-

става пищевых продуктов является комплексной задачей, требующей разработки соответствующих алгоритмов обработки исходных массивов и создания методологической основы по самой организации процесса. Разработанный алгоритм позволяет получить актуальные сведения о химическом составе хлебобулочных изделий, а именно о средних значениях и общей вариабельности. Полученные значения могут быть использованы как для актуализации базы данных химического

Таблица 7. Меры описательной статистики исходных данных

Table 7. Descriptive statistics of initial data

Показатель / Parameter	p	
	первый кластер / first cluster	второй кластер / second cluster
Содержание жира, г/100 г / Fat content, g/100 g	0,39860665	0,01300045
Содержание белка, г/100 г / Protein content, g/100 g	0,79341591	0,30806774
Содержание золы, % / Ash content, %	0,00067599	0,04613272
Влажность, % / Moisture content, %	0,00000001	0,18202649
Углеводы (расчетные), г/100 г / Carbohydrates (estimated), g/100 g	0,00001824	0,00816488
Пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	0,04553885	0,01187709
Витамин B ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,00418619	5,0824×10⁻⁸
Na, мг/кг / Na, mg/kg	0,00004577	0,33601625

Примечание: величины, не превышающие заданный уровень значимости, выделены жирным шрифтом.

Note: The values not exceeding a given significance level are in bold.

состава пищевых продуктов в части хлебобулочных изделий, так и для оценки фактического питания населения. Так, для включения в справочник может быть предложена классификация не только по названиям, но и по полученным группам, в том числе возможно указание конкретных полученных показателей вариативности для каждого показателя. Подобное обобщение может показать свою значимость при проведении эпидемиологических оценок состояния питания в случае невозможности определения потребления конкретного вида хлеба, а более точное определение вариативности позволит установить реальный диапазон получаемых нутриентов. Предлагаемые подходы могут быть опробованы и внедрены в практику на базе единой информационно-аналитической системы Роспотребнадзора, собирающей результаты контрольно-надзорной деятельности и мониторинга, включая данные лабораторных испытаний. Алгоритм имеет перспективы развития и совершенствования. Дальнейшие исследования должны быть направлены на апробацию и, в случае необходимости, корректировку алгоритма для всех основных групп пищевых продуктов.

Отсутствие значимых различий свидетельствовало либо о качестве исходных результатов, либо, в случае второго кластера, о меньшем по сравнению с первым кластером количестве исследований для каждой лаборатории, что повлияло на эффективность алгоритма.

Список литературы

1. Healthy Diet. WHO Fact Sheets. Accessed April 23, 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
2. Попова А.Ю., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. О новых (2021) Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 4 (536). С. 6–19. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19.
3. Samman N, Rossi MC. 12th IFDC 2017 Special Issue – Challenges facing the establishment and management of a national food composition database in Argentina. *J Food Compos Anal.* 2019;84(132):103292. doi: 10.1016/j.jfca.2019.103292
4. Silva M, Ribeiro M, Viegas O, et al. Exploring two food composition databases to estimate nutritional components of whole meals. *J Food Compos Anal.* 2021;102:104070. doi: 10.1016/j.jfca.2021.104070
5. Jeddi MZ, Boon PE, Cubadda F, et al. A vision on the 'foodture' role of dietary exposure sciences in the interplay between food safety and nutrition. *Trends Food Sci Technol.* 2022;120:288–300. doi: 10.1016/j.tifs.2022.01.024
6. Бессонов В.В., Богачук М.Н., Боков Д.О. и др. Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 211–219. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10058
7. Scrimshaw NS. INFOODS: the international network of food data systems. *Am J Clin Nutr.* 1997;65(4 Suppl):1190S–1193S. doi: 10.1093/ajcn/65.4.1190S
8. FAO/INFOODS Guidelines for Converting Units, Denominators, and Expressions – Version 1.0. FAO, Rome; 2012.
9. FAO/INFOODS Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database – Version 1.0. FAO, Rome; 2012.
10. Machackova M, Giertlova A, Porubská J, Roe M, Ramos C, Finglas P. EuroFIR Guideline on calculation of nutrient content of foods for food business operators. *Food Chem.* 2017;238:35–41. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.103
11. Schubert A, Holden JM, Wolf WR. Selenium content of a core group of foods based on a critical evaluation of published analytical data. *J Am Diet Assoc.* 1987;87(3):285–99.
12. West CE, Poortvliet EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries (Report). 1993. Accessed April 23, 2022. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.474.1142&rep=rep1&type=pdf>
13. Holden JM, Lemar LE, Exler J. Vitamin D in foods: development of the US Department of Agriculture database. *Am J Clin Nutr.* 2008;87(4):1092S–1096S. doi: 10.1093/ajcn/87.4.1092S
14. Raffo A, La Malfa G, Fogliano V, Maiani G, Quaglia G. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *J Food Compos Anal.* 2006;19(1):11–19. doi: 10.1016/j.jfca.2005.02.003
15. Luthria DL, Pastor-Corrales MA. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J Food Compos Anal.* 2006;19(2–3):205–211. doi: 10.1016/j.jfca.2005.09.003
16. Sarac I, Butnariu M. Food pyramid – The principles of a balanced diet. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis.* 2020;5(2):24–31. doi: 10.14302/issn.2379-7835.ijn-20-3199
17. Lockyer S, Spiro A. The role of bread in the UK diet: An update. *Nutr Bull.* 2020;45(2):133–164. doi: 10.1111/nu.12435
18. Bati A. The role of bread in Hungarian diet today. *Acta Ethnographica Hungarica.* 2012;57(2):253–261. doi: 10.1556/Aethn.57.2012.2.3
19. Xu X, Liu H, Li L, Yao M. A comparison of outlier detection techniques for high-dimensional data. *Int J Comput Intell Syst.* 2018;11(1):652. doi: 10.2991/ijcis.11.1.50
20. Das D, Nayak M, Pani SK. Missing value imputation – A review. *Int J Comput Sci Eng.* 2019;7(4):548–558. doi: 10.26438/ijcse/v7i4.548558
21. El-Bakry M, Ali F, El-Kilany A, Mazen S. Fuzzy based techniques for handling missing values. *Int J Adv Comput Sci Appl.* 2021;12(3). doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120306
22. Nadrage V, Smirnov V, Boiko O, Dereko V. Comparison of missing values handling techniques using MICE package tools of R software and logistic regression model. In: Babichev S, Lytvynenko V, Wójcik W, Vyshemyrskaya S, eds. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making.* Springer, Cham; 2021;1246:39–50. doi: 10.1007/978-3-030-54215-3_3
23. Pekel AY, Çalik A, Alataş MS, et al. Evaluation of correlations between nutrients, fatty acids, heavy metals, and

- deoxynivalenol in corn (*Zea mays* L.). *J Appl Poult Res*. 2019;28(1):94-107. doi: 10.3382/japr/pfy023
24. Pollard S, Namazi H, Khaksar R. Big data applications in food safety and quality. In: *Encyclopedia of Food Chemistry*. Academic Press; 2019:356-363. doi: 10.1016/b978-0-08-100596-5.21839-8
 25. Rashid W, Gupta MK. A perspective of missing value imputation approaches. In: Gao XZ, Tiwari S, Trivedi M, Mishra K, eds. *Advances in Computational Intelligence and Communication Technology*. Springer, Singapore; 2021;1086:307-315. doi: 10.1007/978-981-15-1275-9_25
 26. Amano S, Aizawa K, Ogawa M. Food category representatives: Extracting categories from meal names in food recordings and recipe data. *2015 IEEE International Conference on Multimedia Big Data*; 2015:48-55. doi: 10.1109/BigMM.2015.54
 27. Anzawa M, Amano S, Yamakata Y, Yamasaki T, Aizawa K, Ogawa M. Generation of representative meal names for food recording data by using web search results. *2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)*; 2016:1-6. doi: 10.1109/ICMEW.2016.7574745
 28. Ahmed M, Seraj R, Syed Mohammed Shamsul Islam. The *k-means* algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation. *Electronics*. 2020;9(8):1295. doi: 10.3390/electronics9081295
 29. Ruvuna F, Flores D, Mikrut B, De La Gana K, Fong S. Generalized lab norms for standardizing data from multiple laboratories. *Drug Inf J*. 2003;37(1):61-79. doi: 10.1177/009286150303700109
 30. Brunden MN, Clark JJ, Sutter ML. A general method of determining normal ranges applied to blood values for dogs. *Am J Clin Pathol*. 1970;53(3):332-339. doi: 10.1093/ajcp/53.3.332
 31. Herrera L. The precision of percentiles in establishing normal limits in medicine. *J Lab Clin Med*. 1958;52(1):34-42.
 32. Charrad M, Ghazzali N, Boiteau V, Niknafs A. NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *J Stat Softw*. 2014;61(6):1-36. doi: 10.18637/jss.v061.i06
- ### References
1. Healthy Diet. WHO Fact Sheets. Accessed April 23, 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
 2. Popova AY, Tutelyan VA, Nikityuk DB. On the new (2021) Norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy Pitaniya*. 2021;90(4(536)):6-19. (In Russ.) doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19
 3. Samman N, Rossi MC. 12th IFDC 2017 Special Issue – Challenges facing the establishment and management of a national food composition database in Argentina. *J Food Compos Anal*. 2019;84(132):103292. doi: 10.1016/j.jfca.2019.103292
 4. Silva M, Ribeiro M, Viegas O, et al. Exploring two food composition databases to estimate nutritional components of whole meals. *J Food Compos Anal*. 2021;102:104070. doi: 10.1016/j.jfca.2021.104070
 5. Jeddi MZ, Boon PE, Cubadda F, et al. A vision on the 'foodture' role of dietary exposure sciences in the interplay between food safety and nutrition. *Trends Food Sci Technol*. 2022;120:288-300. doi: 10.1016/j.tifs.2022.01.024
 6. Bessonov VV, Bogachuk MN, Bokov DO, et al. Databases of the chemical composition of foods in the era of digital nutrition science. *Voprosy Pitaniya*. 2020;89(4):211-219. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10058
 7. Scrimshaw NS. INFOODS: the international network of food data systems. *Am J Clin Nutr*. 1997;65(4 Suppl):1190S-1193S. doi: 10.1093/ajcn/65.4.1190S
 8. FAO/INFOODS Guidelines for Converting Units, Denominators, and Expressions – Version 1.0. FAO, Rome; 2012.
 9. FAO/INFOODS Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database – Version 1.0. FAO, Rome; 2012.
 10. Machackova M, Giertlova A, Porubská J, Roe M, Ramos C, Finglas P. EuroFIR Guideline on calculation of nutrient content of foods for food business operators. *Food Chem*. 2017;238:35-41. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.103
 11. Schubert A, Holden JM, Wolf WR. Selenium content of a core group of foods based on a critical evaluation of published analytical data. *J Am Diet Assoc*. 1987;87(3):285-99.
 12. West CE, Poortvliet EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries (Report). 1993. Accessed April 23, 2022. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.474.1142&rep=rep1&type=pdf>
 13. Holden JM, Lemar LE, Exler J. Vitamin D in foods: development of the US Department of Agriculture database. *Am J Clin Nutr*. 2008;87(4):1092S-1096S. doi: 10.1093/ajcn/87.4.1092S
 14. Raffo A, La Malfa G, Fogliano V, Maiani G, Quaglia G. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *J Food Compos Anal*. 2006;19(1):11-19. doi: 10.1016/j.jfca.2005.02.003
 15. Luthria DL, Pastor-Corrales MA. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J Food Compos Anal*. 2006;19(2-3):205-211. doi: 10.1016/j.jfca.2005.09.003
 16. Sarac I, Butnariu M. Food pyramid – The principles of a balanced diet. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis*. 2020;5(2):24-31. doi: 10.14302/issn.2379-7835.ijn-20-3199
 17. Lockyer S, Spiro A. The role of bread in the UK diet: An update. *Nutr Bull*. 2020;45(2):133-164. doi: 10.1111/mbu.12435
 18. Bati A. The role of bread in Hungarian diet today. *Acta Ethnographica Hungarica*. 2012;57(2):253-261. doi: 10.1556/Aethn.57.2012.2.3
 19. Xu X, Liu H, Li L, Yao M. A comparison of outlier detection techniques for high-dimensional data. *Int J Comput Intell Syst*. 2018;11(1):652. doi: 10.2991/ijcis.11.1.50
 20. Das D, Nayak M, Pani SK. Missing value imputation – A review. *Int J Comput Sci Eng*. 2019;7(4):548-558. doi: 10.26438/ijcse/v7i4.548558
 21. El-Bakry M, Ali F, El-Kilany A, Mazen S. Fuzzy based techniques for handling missing values. *Int J Adv Comput Sci Appl*. 2021;12(3). doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120306
 22. Nadraga V, Smirnov V, Boiko O, Dereko V. Comparison of missing values handling techniques using MICE package tools of R software and logistic regression model. In: Babichev S, Lytvynenko V, Wójcik W, Vyshemyskaya S, eds. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*. Springer, Cham; 2021;1246:39-50. doi: 10.1007/978-3-030-54215-3_3
 23. Pekel AY, Çalik A, Alataş MŞ, et al. Evaluation of correlations between nutrients, fatty acids, heavy metals, and deoxynivalenol in corn (*Zea mays* L.). *J Appl Poult Res*. 2019;28(1):94-107. doi: 10.3382/japr/pfy023
 24. Pollard S, Namazi H, Khaksar R. Big data applications in food safety and quality. In: *Encyclopedia of Food Chemistry*. Academic Press; 2019:356-363. doi: 10.1016/b978-0-08-100596-5.21839-8
 25. Rashid W, Gupta MK. A perspective of missing value imputation approaches. In: Gao XZ, Tiwari S, Trivedi M, Mishra K, eds. *Advances in Computational Intelligence and Communication Technology*. Springer, Singapore; 2021;1086:307-315. doi: 10.1007/978-981-15-1275-9_25
 26. Amano S, Aizawa K, Ogawa M. Food category representatives: Extracting categories from meal names in food recordings and recipe data. *2015 IEEE International Conference on Multimedia Big Data*; 2015:48-55. doi: 10.1109/BigMM.2015.54
 27. Anzawa M, Amano S, Yamakata Y, Yamasaki T, Aizawa K, Ogawa M. Generation of representative meal names for food recording data by using web search results. *2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)*; 2016:1-6. doi: 10.1109/ICMEW.2016.7574745
 28. Ahmed M, Seraj R, Syed Mohammed Shamsul Islam. The *k-means* algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation. *Electronics*. 2020;9(8):1295. doi: 10.3390/electronics9081295
 29. Ruvuna F, Flores D, Mikrut B, De La Gana K, Fong S. Generalized lab norms for standardizing data from multiple laboratories. *Drug Inf J*. 2003;37(1):61-79. doi: 10.1177/009286150303700109
 30. Brunden MN, Clark JJ, Sutter ML. A general method of determining normal ranges applied to blood values for dogs. *Am J Clin Pathol*. 1970;53(3):332-339. doi: 10.1093/ajcp/53.3.332
 31. Herrera L. The precision of percentiles in establishing normal limits in medicine. *J Lab Clin Med*. 1958;52(1):34-42.
 32. Charrad M, Ghazzali N, Boiteau V, Niknafs A. NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *J Stat Softw*. 2014;61(6):1-36. doi: 10.18637/jss.v061.i06



Вопросы безопасности травяных сборов и БАД к пище, загрязненных тропановыми алкалоидами (обзор)

А.И. Короткова^{1,2}, О.В. Багрянцева^{2,3}, И.Е. Соколов², В.М. Глиненко⁴

¹ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» Роспотребнадзора, Графский пер., д. 4, корп. 2, 3, 4, г. Москва, 129626, Российская Федерация

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

³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Российская Федерация

⁴ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, г. Москва, 127473, Российская Федерация

Резюме

Введение. На мировом рынке специализированных пищевых продуктов особенный интерес представляют БАД к пище, травяные сборы, фиточаи, при этом особую актуальность приобретают вопросы безопасного использования, так как имеются сообщения о возможном загрязнении их тропановыми алкалоидами, содержание которых в зависимости от вида сырья составляет от 0,01 до 3 %.

Цель исследования: анализ безопасности БАД к пище, трав и травяных чаев, загрязненных тропановыми алкалоидами, на основании данных, представленных в настоящее время в отечественных и международных научных публикациях.

Материалы и методы исследования. Использованы информационно-аналитические методы, методы экспертной оценки на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных на русском и английском языках в реферативных базах данных Scopus, PubMed и РИНЦ за период 2001–2021 гг. Ключевые слова для поиска: тропановые алкалоиды. В первоначальную выборку попало 49 статей, из них 19 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о классификации, уровнях содержания в травах и пищевых продуктах, методах выявления (обнаружения), возможном влиянии на здоровье человека тропановых алкалоидов. Авторы отобрали 30 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям. Результаты исследований систематизированы по типу интервенций.

Результаты. Проведенный анализ показал, что содержание тропановых алкалоидов в некоторых травяных чаях по сумме атропина и скополамина может превышать установленный уровень разового безопасного поступления – 0,016 мкг/кг массы тела. Так как скополамин является производным гиосциамина (атропина), оценку безопасности пищевой продукции и сырья следует осуществлять на основании данных об уровне содержания в них атропина, что позволит проводить эффективный мониторинг загрязненности тропановыми алкалоидами всех видов указанной пищевой продукции с целью ее безопасного использования.

Заключение. Для безопасного использования травяных сборов и БАД к пище на растительной основе рекомендовано проведение мониторинга данных видов пищевой продукции на наличие в них тропановых алкалоидов. Считаем целесообразным разработать метод их анализа с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом.

Ключевые слова: тропановые алкалоиды, токсичность, БАД к пище, травяные сборы, чаи, методы анализа.

Для цитирования: Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е., Глиненко В.М. Вопросы безопасности травяных сборов и БАД к пище, загрязненных тропановыми алкалоидами (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 54–62. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-54-62>

Сведения об авторах:

✉ **Короткова** Алена Игоревна – врач по гигиене питания отдела гигиены питания ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» Роспотребнадзора; аспирант ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: korotkova.tendertouch@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1944-6833>.

Багрянцева Ольга Викторовна – д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ИПО ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, e-mail: bagryantseva@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3174-2675>.

Соколов Илья Евгеньевич – младший научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2819-6001>.

Глиненко Виктор Михайлович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; e-mail: V7986453@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5018-2648>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн обзорно-аналитического исследования: Короткова А.И., Багрянцева О.В.; сбор данных литературы: Короткова А.И., Багрянцева О.В., Соколов И.Е.; систематизация данных литературы: Глиненко В.М.; анализ и обобщение данных литературы: Короткова А.И.; подготовка рукописи: Короткова А.И., Багрянцева О.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 не имело финансовой поддержки.

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

Статья получена: 25.02.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Issues of Safety of Herb Mixes and Food Supplements Contaminated with Tropane Alkaloids: A Review

Alena I. Korotkova,^{1,2} Olga V. Bagryantseva,^{2,3} Ilya E. Sokolov,² Victor M. Glinenko⁴

¹Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow,
Bldgs 2, 3 & 4 Graftsky Lane, Moscow, 129626, Russian Federation

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

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Bldg 2, 8 Trubetskaya Street, Moscow, 119048, Russian Federation

⁴A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry,
20 Delegatskaya Street, Moscow, 127473, Russian Federation

Summary

Background: Nutritional supplements, herbal assemblages, and herbal teas are of particular interest in the global market of specialized food products, with the issues of a safe use becoming particularly relevant in the light of the reports on their potential contamination with tropane alkaloids, which content ranges from 0.01 % to 3 % depending on the type of raw materials.

Objective: Analysis of the safety of dietary supplements, herbs and herbal teas contaminated with tropane alkaloids, based on data currently presented in domestic and international scientific publications.

Materials and methods: We did a review of Russian and English language scientific literature published in 2001–2021, found on Scopus, PubMed and RSCI databases for tropane alkaloids. The initial sample included 49 articles, of which 19 articles were excluded following a primary analysis. The selection criteria included the presence of classification of tropane alkaloids, their contents in herbs and foods, methods of detection, and potential human health effects. We selected 30 full-text publications meeting the above criteria. The study results were systematized by the type of intervention.

Results: The analysis showed that the content of tropane alkaloids in some herbal teas by the sum of atropine and scopolamine can exceed the established level of a single safe intake (0.016 µg/kg body weight). Since scopolamine is a derivative of hyoscyamine (atropine), safety of foods and raw materials should be assessed by their content of atropine that will allow effective monitoring of contamination with tropane alkaloids of all types of the specified food products for the purpose of their safe use.

Conclusion: For the safe use of herbal preparations and plant-based dietary supplements, it is recommended to monitor these types of food products for the presence of tropane alkaloids in them. It is advisable to develop a method for their analysis using high-performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry.

Keywords: tropane alkaloids, toxicity, dietary supplements, herbal preparations, teas, methods of analysis.

For citation: Korotkova AI, Bagryantseva OV, Sokolov IE, Glinenko VM. Issues of safety of herb mixes and food supplements contaminated with tropane alkaloids: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):54–62. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-54-62>

Author information:

✉ Alena I. **Korotkova**, Food Hygienist, Food Hygiene Department, Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow; postgraduate, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: korotkova.tendertouch@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1944-6833>.

Olga V. **Bagryantseva**, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Food Toxicology and Safety Assessment of Nanotechnologies, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; Professor of the Department of Food Hygiene and Toxicology, Institute of Vocational Training, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: bagryantseva@ion.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3174-2675>.

Ilya E. **Sokolov**, Junior Researcher, Laboratory of Food Toxicology and Safety Assessment of Nanotechnologies, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2819-6001>.

Victor M. **Glinenko**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Hygiene, A.I. Evdokimov Moscow State Medical and Dental University; e-mail: V7986453@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5018-2648>.

Author contributions: study conception and design: Korotkova A.I., Bagryantseva O.V.; data collection: Korotkova A.I., Bagryantseva O.V., Sokolov I.E.; systematization of literary data: Glinenko V.M.; data analysis and summarization: Korotkova A.I.; draft manuscript preparation: Korotkova A.I., Bagryantseva O.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: February 25, 2022 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Мировой рынок специализированных пищевых продуктов представлен широким разнообразием средств, способствующих оптимизации рациона питания и поддержанию нормальной жизнедеятельности здорового организма. Особенный интерес в этом плане представляют БАД к пище, травяные сборы, фиточаи. Вместе с тем в последние годы появились сообщения о возможном загрязнении этих пищевых продуктов тропановыми алкалоидами [1–3].

Тропановые алкалоиды (ТА) являются вторичными метаболитами, продуцируемыми растениями, принадлежащими семействам *Brassicaceae* (Капустные), *Solanaceae* (Пасленовые), *Erythroxylaceae* (Эритроксиловые), *Convulvaceae* (Вьюнковые) и *Proteaceae* (Протеиновые) [4–9]. Анализ поступления ТА со всеми видами пищевой продукции, проведенный Европейским агентством по безопасности пищевых продуктов (EFSA), показал, что их поступление в составе рационов различных групп населения может превышать установленный уровень разового безопасного поступления (ARfD) 0,016 мкг/кг массы тела примерно на 11–18 %, а для детей (в зависимости от возрастной категории) — на 5–25 % [10, 11].

Несмотря на то что загрязнение пищевой продукции различными частями сорных растений (плодами, семенами и прочими частями растений) может быть обнаружено визуальным осмотром или уменьшено путем сортировки и очистки с использованием физических методов, некоторое количество ТА может попадать в пищевое сырье и переработанные пищевые продукты. При этом присутствие одного семени дурмана на миллион семян/плодов пищевых растений может представлять определенный риск для здоровья населения [2, 3, 11, 12]. Таким образом, риски токсикологического действия ТА, поступающих в составе рационов, на организм человека достаточно высоки.

Травяные сборы и БАД к пище на основе трав относятся наряду с зерновыми продуктами к пищевой продукции с наиболее высокими содержанием и частотой выявления ТА [3, 10]. В этой связи целесообразно установить риски токсического действия ТА, поступающих в организм в составе БАД на растительной основе, трав и травяных чаев, а также разработать прецизионные, высокочувствительные методы их анализа в составе этих видов пищевой продукции.

Цель исследования: анализ безопасности БАД к пище, трав и травяных чаев, загрязненных тропановыми алкалоидами, на основании данных, представленных в настоящее время в отечественных и международных научных публикациях.

Материалы и методы исследования. В процессе проведения работы использованы информационно-аналитические методы, методы экспертной оценки на основе обобщения и анализа современных научных исследований, опубликованных в реферативных базах данных Scopus, PubMed и РИНЦ. Ключевые слова для поиска: тропановые алкалоиды. В первоначальную выборку попало 49 статей, из них 19 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Отбор статей осуществлялся по принципу содержания в них сведений о классификации, уровнях содержания в травах и пищевых продуктах, методах выявления (обнаружения), возможном влиянии на здоровье человека тропановых алкалоидов. Авторы отобрали 30 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям. Результаты исследований систематизированы по типу интервенций.

Результаты исследования

Классификация ТА. ТА классифицируются как производные четырех основных промежуточных соединений орнитина и аргинина — тропинона, эггонинона, 4-бензилтропанона и пиранотропана. Производные тропинона составляют самую многочисленную группу ТА типичных для семейств *Solanaceae* (Пасленовые) и *Convolvulaceae* (Вьюнковые) (табл. 1) [6]. В настоящее время идентифицировано около 200 видов ТА, которые характеризуются различной степенью биологической активности [12].

С использованием современных физических методов обнаружения количество новых соединений неуклонно растет [6, 13, 14].

Степень токсического воздействия ТА на организм в большей степени зависит от их химического строения. Например, атропин входит в международный и Российский перечни жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения на 2022 год (утвержден Распоряжением Правительства РФ от 23 декабря 2021 года № 3781-р)^{1,2}.

Ряд ТА, являясь наркотическими средствами и психотропными веществами, в очищенном

Таблица 1. Классификация ТА по химическому строению

Table 1. Classification of tropane alkaloids (TAs) by their chemical structure

Производные ТА / Tropane alkaloids	Пути синтеза. Растительные источники / Synthesis, plant sources
Производные тропинона / Tropinone derivatives	ТА, образующиеся под действием тропинонредуктазы I (TR I): тропин; 3α-монозамещенные тропаны (например, гиосциамин). Рацемическая смесь (–)-гиосциамин и (+)-гиосциамин называется атропином; 3α,6β- или 3α,7β-дизамещенные тропаны; 3α-замещенные-6β,7β-эпокситропаны; 3α,6β,7β-трехзамещенные тропаны (например, скополамин). Непосредственным предшественником скополамина в растительной клетке является гиосциамин / TAs formed under effect of tropinone reductase I (TR I): tropin; 3α-monosubstituted tropane derivatives (e.g., hyoscyamine). A racemic mixture of (–)-hyoscyamine and (+)-hyoscyamine is called atropine; 3α,6β- or 3α,7β-disubstituted tropanes; 3α-substituted-6β,7β-epoxitropanes; 3α,6β,7β-trisubstituted tropanes (e.g., scopolamine). The immediate precursor of scopolamine in the plant cell is hyoscyamine ТА, образующиеся под действием тропинонредуктазы II (TR II): псевдотропин; калистегины; 3β-монозамещенные тропаны; 3β,6β или 3β,7β-дизамещенные тропаны; 3β-замещенные-6β,7β-эпокситропаны; 3β,6β,7β-трехзамещенные тропаны / TAs formed under effect of tropinone reductase II (TR II): pseudotropine; calystegines; 3β-monosubstituted tropanes; 3β,6β or 3β,7β-disubstituted tropanes; 3β-substituted-6β,7β-epoxitropanes; 3β,6β,7β-trisubstituted tropanes
Производные эггонинона / Ecgonine derivatives	Синтезируются в растениях путем восстановления эггонинона до эггониона и последующей этерификации гидроксильной группы в положении С-3 различными алифатическими и ароматическими кислотами. Алкалоиды, полученные из эггонинона, в основном распространены в семействе <i>Erythroxylaceae</i> (Эритроксиловые). 4-бензилтропаны и пиранотропаны представляют собой небольшую группу ТА, выявляемых чаще всего в растениях семейства <i>Proteaceae</i> (Протеиновые). Наиболее известным алкалоидом этой группы является кокаин, экстрагируемый из <i>Erythroxylum coca</i> / They are synthesized in plants by reducing ecgoninone to ecgonine and subsequent esterification of the hydroxyl group at the C3 position by various aliphatic and aromatic acids. Alkaloids derived from ecgoninone are mainly distributed in the family <i>Erythroxylaceae</i> . 4-benzyltropanes and pyranotropanes are a small group of TAs, most often detected in plants of the family <i>Proteaceae</i> . The best-known alkaloid of this group is cocaine extracted from <i>Erythroxylum coca</i>
Производные 4-бензилтропанона / 4-benzyltropanone derivatives	3-замещенные 4-бензилтропановые алкалоиды, 3,6- и 3,7-дизамещенные-4-бензилтропаны. Бензилтропаны представляют собой небольшую группу ТА, выявляемых чаще всего в растениях семейства <i>Proteaceae</i> / Trisubstituted 4-benzyltropane alkaloids, 3,6- and 3,7-disubstituted-4-benzyltropanes. Benzyltropanes are a small group of TAs, most often detected in plants of the family <i>Proteaceae</i>
Производные пиранотропана / Pyranotropane derivatives	Пиранотропаны: дигидро- и тетрагидропиранотропаны. Наиболее часто встречается ТА стробилин, синтезируемый <i>Knightia strobilina</i> (сем. <i>Proteaceae</i>) / Pyranotropanes: dihydro- and tetrahydropyranotropanes. The most common is strobilin synthesized by <i>Knightia strobilina</i> (family <i>Proteaceae</i>)
Димерные и тримерные производные ТА / Dimeric and trimeric derivatives of TAs	Димерные ТА представляют собой небольшую группу соединений, образуемых из двух ТА – тропинона или эггонинона. К данной группе ТА относится грамин, синтезируемый <i>Schizanthus grahamii</i> (сем. <i>Solanaceae</i>). Эти ТА являются характерными вторичными метаболитами для растений семейств <i>Solanaceae</i> , <i>Convolvulaceae</i> , <i>Erythroxylaceae</i> , <i>Proteaceae</i> и <i>Rhizophoraceae</i> / Dimeric TAs are a small group of compounds formed from two TAs - tropinone or ecgoninone. Grahamine synthesized by <i>Schizanthus grahamii</i> (family <i>Solanaceae</i>) belongs to this group. These TAs are characteristic secondary metabolites for plants of the families <i>Solanaceae</i> , <i>Convolvulaceae</i> , <i>Erythroxylaceae</i> , <i>Proteaceae</i> and <i>Rhizophoraceae</i>

¹ Распоряжение Правительства РФ от 12.10.2019 № 2406-р (ред. от 23.12.2021) «Об утверждении перечня жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов, а также перечней лекарственных препаратов для медицинского применения и минимального ассортимента лекарственных препаратов, необходимых для оказания медицинской помощи». Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335635/.

² WHO Model Lists of Essential Medicines. Доступно по: <https://www.who.int/medicines/publications/essentialmedicines/en/>.

виде запрещены для оборота в Российской Федерации^{3,4}.

Риски здоровью населения, связанные с загрязнением ТА травяных сборов и БАД на основе растительного сырья. Токсические эффекты ТА обусловлены антагонизмом связывания ацетилхолина с мускариновыми рецепторами центральной и периферической нервной системы [4, 11, 15]. Потребление любой части растений рода *Datura spp.* вызывает выраженные антихолинергические эффекты в виде подавления центральной и периферической холинергической нейротрансмиссии, что в итоге может привести к летальному исходу при попадании в организм высоких доз ТА. Хотя все части растения токсичны, семена также содержат высокие концентрации алкалоидов. Высушивание и кипячение не уменьшает их токсичных свойств. Интоксикация проявляется в виде дезориентации, потери памяти, неспособности обрабатывать информацию, нарушения зрения (мидриаз), подергиваний мышц, гиперпирексии, респираторных и сердечно-сосудистых осложнений [16, 17]. Сообщается, что интоксикация белладонной (*Atropa belladonna*) помимо антихолинергического синдрома может привести к нарушению функции печени [2].

Зарегистрированы случаи отравления ТА, связанные с загрязнением нетоксичных трав и травяных сборов. В отчетах, полученных из США, Великобритании, Австрии, Канады, Франции, Нидерландов и Испании, сообщалось о загрязнении ТА травяных чаев, изготавливаемых с использованием корня лопуха (*Arctium lappa*), окопника (*Symphytum officinale*), мальвы обыкновенной (*Malva sylvestris*), медуницы (*Pulmonaria officinalis*), корня алтея лекарственного (*Althaea officinalis*), крапивы двудомной (*Urtica dioica*) и парагвайского чая (*Ilex paraguariensis*). Содержание атропина в этих чаях варьировало от 0,76 до > 30 мг/г сухой массы. В Италии зарегистрированы случаи отравления ТА при приеме БАД к пище для похудения на основе форсколина (*Coleus forskohlii*). Отчеты из Китая содержали информацию о фактах обнаружения ТА в корневищах атрактилодеса большого (*Rhizoma atractylodis*), корнях аукландии (*Radix Aucklandiae*) и стробилантиса форрестии (*Radix strobilanthis Forrestii*), корневищах и корнях нотоптеригии (*Rhizoma et radix Notopterygii*) [2].

Известно, что интоксикация, вызванная поступлением в организм больших количеств дурмана обыкновенного (*Datura stramonium* L.), вызывает тяжелое поражение центральной нервной системы, приводящее к неконтролируемому психическому состоянию. Другие неблагоприятные воздействия включают галлюцинации, судороги, сухость кожи, нерегулярную частоту сердечных сокращений и пульса, потерю памяти, помутнение зрения и кому, что приводит к смерти [16].

Согласно проведенным исследованиям EFSA безопасный уровень поступления ТА (ARfD) в организм составляет 0,016 мкг/кг массы тела (в пересчете на сумму (L)-гиосциамина и (L)-

скополамина) [3, 10]. Как при их парентеральном, так и трансдермальном введении ТА могут проникать через гематоэнцефалический барьер и воздействовать на центральную нервную систему [11, 18]. Отмечено, что токсикологические эффекты этих ТА у экспериментальных животных (крыс) связаны с их фармакологической активностью, в частности с расширением зрачков и нейробиоэмоциональными эффектами [19]. В хроническом 2-летнем эксперименте при введении (L)-скополамина с наименьшей дозой 0,7 мг/кг массы тела в сутки крысам и мышам у всех животных наблюдалось расширение зрачков. При более высоких дозах у подопытных животных наблюдалось снижение секреции слюнных желез и затруднение глотания, а также обезвоживание. Атропин не проявил мутагенной (в тесте Эймса), канцерогенной и генотоксической активности в отношении самцов или самок крыс линии F344/N или мышей линии B6C3F1, которым вводили данный ТА в концентрации 1,5 или 25 мг/кг массы тела в сутки [12]. Такая разница фармакокинетической активности объясняется различной растворимостью ТА в водной среде. В эксперименте, проведенном на крысах, было показано, что биодоступность атропина, анизодамина, анизодина и скополамина коррелировала с показателем их растворимости в водных средах и составила 21,62, 10,78, 80,45 и 2,52 % соответственно. Степень экскреции – почечный клиренс (C = 1 г) этих веществ составил 11,33, 54,86, 32,67 и 8,69 % соответственно [20].

Исследования на грызунах выявили факт того, что скополамин увеличивает передачу глутамата и синаптогенез (процесс формирования синапсов между нейронами в нервной системе) в медиальной префронтальной коре (mPFC). Эта область мозга вовлечена в планирование сложного когнитивного поведения, проявления личности, принятия решений и регулирование социальным поведением [21].

Биологическое действие ТА является стереоселективным вследствие различия стереоизомеров, отличающихся степенью сродства с мускариновыми рецепторами. Это приводит к разной степени воздействия S-(L)- и R-(D)-изомеров гиосциамина: S-(L)-изомер оказывает в 30–300 раз более выраженное воздействие, чем R-(D)-изомер. S-(L) изомер гиосциамина нестабилен и быстро превращается в атропин. Атропин очень стабилен в течение длительного времени. Наиболее значимое влияние атропина на организм человека осуществляется в виде тахикардии. Это происходит из-за блокады рецепторов M2, в результате чего снижается тонус блуждающего нерва [4, 21–23].

Калистегины (A3, A5, B1, B2, B3, B4) – полигидроксированные алкалоиды нортропана, согласно данным немногочисленных исследований, обладают значительно меньшим токсическим потенциалом, чем атропин и скополамин. Калистегины не проявляют каких-либо психоактивных эффектов, так как они являются гидрофильными веществами и поэтому неспособны преодолевать

³ Постановление Правительства РФ от 12.10.2021 № 1737 «Об утверждении Правил переработки наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров и признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации». Доступно по: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/71367.html/>.

⁴ Постановление Правительства РФ от 01.10.2012 № 1002 (ред. от 24.01.2022) «Список наркотических средств и психотропных веществ, оборот которых в Российской Федерации запрещен в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации (список I)». Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136206/.

гематоэнцефалический барьер [4]. Показано, что при однократном пероральном введении мышам суммы калистегинов из экстракта белены белой (*Hyoscyamus albus*) в дозах до 2000 мг/кг массы тела у подопытных животных не наблюдалось смертности. Гистопатологические изменения печени наблюдались в дозах, превышающих 300 мг/кг массы тела. Повышение гипогликемической активности наблюдалось у мышей в дозах 10 мг/кг массы тела или 20 мг/кг массы тела. Раздельное пероральное введение калистегинов (B1, B2, B3 и C1) в течение двух недель в дозах от 1,2 до 3,0 мг/кг массы тела не вызывало у крыс никаких побочных эффектов. При пероральном однократном введении крысам экстракта белены в количестве 15 г/кг массы тела, содержащего суммарную дозу калистегинов приблизительно 8,4 мг/кг массы тела, в течение 14 дней наблюдались негативные изменения в некоторых внутренних органах. Достоверные гистопатологические изменения внутренних органов у крыс наблюдались только в отношении калистегина A3 при его однократном введении в дозе 140 мг/кг массы тела. В связи с малой изученностью токсичности калистегинов EFSA сделало вывод о необходимости более полного изучения их возможного негативного действия — данных о степени выраженности токсического действия в настоящее время недостаточно [10].

Растения, содержащие ТА. Содержание ТА в различных тканях растений, а также в зависимости от их вида составляет от 0,01 до 3 %⁵.

В процессе исследований в пищевой продукции было обнаружено двадцать четыре вида различных ТА. При этом гиосциамин и скополамин выявлялись в 83 % анализируемых образцов (TFSA 2014). Анализ видового состава ТА в различных органах дурмана обыкновенного (*D. stramonium* L.), культивируемого в Марокко, позволил идентифицировать 67 видов ТА. В семенах этого растения гиосциамин и скополамин составляли 66 и 20 % от общего содержания ТА. Гиосциамин и скополамин являются основными видами ТА, выявляемыми в растениях, принадлежащих к родам *Datura* spp., *Brugmansia* spp., *Hyoscyamus* spp., *Scopolia* spp., *Atropa* spp. и *Duboisia* spp. [10]. Далее по частоте выявления следуют анизодамин, анизодин, апогиосцин апоскополамин, гоматропин, апоатропин, 6-гидрокситропинон, ацетат скополамина, альфа-гидроксиметилатропин, конволамин, конволидин, конвольвин, филлалбин, литорин, норатропин, норскополамин, нортропин, 3-альфа-фенилнорацетопитропан, псевдотропин, скопин, скополин, тропинон, калистегины A3, A5, B1, B2, B3, B4 [10].

Травяные чаи и травы, эфирные масла, загрязненные ТА, могут представлять серьезную опасность для здоровья из-за их возможного наличия в больших количествах и достаточной устойчивости к нагреванию [2, 20, 24–27]. Вид и концентрация ТА, продуцируемых сорным растением, определяются его видом и стадией развития, а также факторами окружающей среды [16, 24]. В таблице приведены данные об уровнях содержания атропина и скополамина в различных частях дурмана обыкновенного (*D. stramonium* L.) (табл. 2) [16].

Растения, содержащие ТА, могут загрязнить травы во время их ненадлежащего сбора и/или переработки [2]. Использование травяных сборов, содержащих высокие концентрации ТА, в составе БАД может вызвать антихолинергический синдром и тяжелую интоксикацию [1, 2, 10].

Проведенная EFSA оценка уровней поступления ТА с пищей, показала, что из 44 184 проанализированных образцов пищевой продукции в 7391 образцах были ТА. Большинство образцов (95 %) содержали ТА в количествах ниже предела точности используемых методов исследования. В отчете сообщается о высокой частоте встречаемости атропина и скополамина в некоторых сортах чая, травах для настоев, специях, семенах конопли, злаках, а калистегинов — в корнях и клубнях культивируемых растений и продуктах из картофеля (табл. 3) [3, 10].

Сообщается о наличии ТА в 70,2 % из 121 образцов травяных чаев в количествах от 71,4 до 4357,6 мкг/кг (в пересчете на сухой вес). Атропин и скополамин были выявлены в 60 и 53 % случаев соответственно. В количественном отношении в составе данных групп пищевой продукции преобладал конвольвин (синтезируется растениями сем. *Convolvulaceae*), содержание которого составило 72 % от суммы всех ТА. На долю атропина, скополамина и тропина приходилось 13,5 % от количества всех определяемых видов ТА. Эффективность элюирования ТА из сухих сборов трав в настои при кипячении составила для атропина 54 %, скополамина 42 %, конвольвина 23 % [2]. По результатам исследований, проведенных в Великобритании, в 16 из 20 образцов травяного чая были обнаружены ТА. При этом примерно 47 % ТА элюировались из сухих чаев в настои. Самый высокий уровень атропина — 129 мкг/кг был обнаружен в мятном чае [5]. Согласно исследованиям, проведенным EFSA, было обнаружено загрязнение продукцией растительного происхождения ТА в следующих количествах (табл. 4) [3].

Таблица 2. Концентрация (мкг/мг) атропина и скополамина в различных частях растения *Datura stramonium*

Table 2. Concentrations of tropane alkaloids in *Datura stramonium*

Часть растения / Plant part	Концентрации ТА в <i>Datura stramonium</i> , мкг/кг / Concentrations of tropane alkaloids in <i>Datura stramonium</i> , µg/mg			
	молодое растение / young plant		взрослое растение / mature plant	
	атропин / atropine	скополамин / scopolamine	атропин / atropine	скополамин / scopolamine
Стебель / Stem	0,915 ± 0,015	0,129 ± 0,014	0,001 ± 0,001	
Цветы / Flowers	0,299 ± 0,021	0,106 ± 0,031	0,270 ± 0,026	0,066 ± 0,004
Семена / Seeds	0,670 ± 0,003	0,012 ± 0,001	0,387 ± 0,015	0,089 ± 0,010
Корни / Roots	0,121 ± 0,015	0,014 ± 0,004	—	
Листья / Leaves	0,831 ± 0,014	0,041 ± 0,005	0,150 ± 0,002	0,022 ± 0,005

⁵ Executive Summary of the Joint FAO/WHO Expert meeting on tropane alkaloids, March 30 –April 3, 2020. www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/.

Таблица 3. Результаты анализа содержания ТА в травах, используемых в составе травяных чаев и БАД к пище на растительной основе

Table 3. The results of analyzing the contents of tropane alkaloids in herbs used in herbal teas and plant-based dietary supplements

Наименование ТА / Tropane alkaloid (TA)	Среднее значение, мкг/кг (на сухой вес) / Mean, µg/kg dry weight	Группы пищевой продукции / Food groups
Атропин и скополамин / Atropine and scopolamine		
Атропин / Atropine	2,64	Травы, специи и приправы / Herbs, spices and seasonings
Скополамин / Scopolamine	2,2	
ТА растений, принадлежащих к роду Дурман (Datura) / Tropane alkaloids of the genus Datura		
Анизодамин / Anisodamine	0,44	Травы и травяные чаи (сухие) / Herbs and herbal teas (dry)
Норатропин / Noratropine	0,22	
Норскополамин / Norscopolamine	0,66	Мята перечная / Mentha piperita
	0,33	Травы и травяные чаи (сухие) / Herbs and herbal teas (dry)
ТА растений, принадлежащих к семейству Вьюнковых (Convolvulaceae) / Tropane alkaloids of the genus Convolvulaceae		
Конволамин / Convolamine	0,22	Травы и травяные чаи (сухие) / Herbs and herbal teas (dry)
Конволидин / Convalidine	4,95	Перец стручковый / Capsicum annuum
	1,1	Цветы ромашки / Matricaria recutita
Конвольвин / Convolvine	10,1	Травы и травяные чаи (сухие) / Herbs and herbal teas (dry)
Филлалбин / Phyllalbine	0,22	
ТА с низким молекулярным весом / Tropane alkaloids with low molecular weight		
Псевдотропин / Pseudotropine	2,09	Травы и травяные чаи (сухие) / Herbs and herbal teas (dry)
Тропинон / Tropinone	0,55	
Калистегины / Calystegines		
Калистегины A3 / Calystegines A3	106,357	Корни и клубни – источники растворимых пищевых волокон / Roots and tubers as sources of soluble dietary fibers
Калистегины A5 / Calystegines A5	786	
Калистегины B1 / Calystegines B1	449	
Калистегины B2 / Calystegines B2	51,143	
Калистегины B3 / Calystegines B3	246	
Калистегины B4 / Calystegines B4	1,040	

Таблица 4. Содержание ТА в продукции растительного происхождения

Table 4. Levels of tropane alkaloids (TAs) in foods of plant origin

Продукция растительного происхождения, загрязненная ТА / Plant-based foods contaminated with TAs	Среднее значение ТА (мкг/кг) / Mean TAs level (µg/kg)				
	1	2	3	4	5
Чай и травы для настоев (сухие) / Tea and herbs for infusions (dry)	6,71	–	0,44	0,33	0,22
Мята перечная (сухая) / <i>Mentha piperita</i> (dry)	4,73	3,96	1,32	0,66	–
Цветы ромашки (сухие) / <i>Matricaria recutita</i> (dry)	2,75	11,11	–	–	–
Травяной чай (настой) / Herbal tea (infusion)	5,61	5,61	–	–	–
Травяной чай (настой) / Herbal tea (infusion)	1,87	2,31	–	–	–
Семена подсолнечника / Sunflower seeds	3,19	1,98	–	–	–
Семена кориандра / Coriander seeds	34,98	–	–	–	–
Семена фенхеля / Fennel seeds	6,05	–	–	–	–

Примечание: 1 – Атропин, 2 – Скополамин, 3 – Анизодамин, 4 – Норскополамин, 5 – Норатропин; «–» – не обнаружено.

Notes: 1 – Atropine, 2 – Scopolamine, 3 – Anisodamine, 4 – Norscopolamine, 5 – Noratropine. “–” – not detected.

Проведенные исследования показали, что средняя концентрация суммы атропина и скополамина, выявленная в образцах сборов трав, травяных чаев, БАД к пище на растительной основе составила 13,4 мкг/кг, максимальная – 428 мкг/кг [3]. Выявляемые в этих видах пищевой продукции ТА являются производными тропинона. Полученные сведения дают основание полагать, что содержание ТА в некоторых травяных чаях (например, на основе мяты) может превышать установленный уровень разового безопасного поступления (ARfD) – 0,016 мкг/кг массы тела

(сумма атропина и скополамина), что свидетельствует о необходимости нормирования ТА в БАД к пище на растительной основе, травяных сборах и настоях. В связи с тем, что в данных видах пищевой продукции чаще всего обнаруживаются атропин и скополамин, а скополамин является производным гиосциамин (атропина), следует установить максимально допустимый уровень содержания атропина в БАД к пище на основе трав, травяных сборах, настоях, учитывая сведения, содержащиеся в Постановлении ЕС 2021/1408 от 27.08.2021⁶.

⁶ Commission Regulation (EU) 2021/1408 of August 27, 2021 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of tropane alkaloids in certain foodstuffs. Official Journal of the European Union. L 304, 30.8.2021.

Методы выявления ТА. Контроль содержания загрязнителей пищевых продуктов невозможен без установления методов их анализа. В настоящее время с целью анализа содержания тропановых алкалоидов (в т. ч. атропина) в пищевой продукции используются: спектроскопические методы (метод детекции в ультрафиолетовом спектре, флуоресцентный анализ с использованием амфифильного комплекса цинка (II) с шиффовым основанием), радиоиммуноанализ (RIA), иммуноферментный анализ (ELISA), метод газовой хроматографии (ГХ), а также метод газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ГХ-МС), метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), а также ВЭЖХ-МС метод, метод капиллярного электрофореза [28–30].

Сравнительный анализ чувствительности, специфичности и степени воспроизводимости этих методов показал, что наиболее приемлемым методом выявления ТА на современном этапе являются методы ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС. Согласно данным различных авторов чувствительность этих методов (в зависимости от условий анализа) составляет 0,7–15 мкг ТА на 1 кг семян (пшеница, рожь, кукуруза, соя, льняное семя). Такая чувствительность позволяет эффективно проводить анализ ТА в переработанных пищевых продуктах на основе зерна, БАД к пище на растительной основе, травяных сборах и настоях [20].

В настоящее время в РФ разработан и утвержден количественный метод определения атропина в зерне и зерновой продукции при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС/МС), который отличается хорошей воспроизводимостью, селективностью, высокой чувствительностью и надежностью, а также отсутствием необходимости использования дериватизации образцов⁷. Диапазон концентраций атропина, определяемых данным методом, составляет от 0,01 до 0,0002 мг/кг. Считаем возможным использование этого метода и при контроле содержания атропина в БАД к пище на растительной основе, травяных сборах и настоях при условии разработки соответствующих методов подготовки образцов.

Обсуждение. В последние годы появились сообщения о возможном загрязнении БАД к пище на растительной основе, травяных сборов, настоев ТА – вторичными метаболитами сорных растений, принадлежащих семействам *Brassicaceae*, *Solanaceae*, *Erythroxylaceae*, *Convolvulaceae* и *Proteaceae*. Эти виды пищевой продукции относятся наряду с зерновыми продуктами к пищевой продукции с наиболее высокими содержанием и частотой выявления ТА. В процессе исследований этих видов пищевой продукции было обнаружено двадцать четыре вида различных ТА. Все они относятся к производным тропинона. При этом атропин (рацемическая смесь (–)-гиосциамина и (+)-гиосциамина) и скополамин выявлялись в большинстве анализируемых образцов и в наибольших количествах. Проведенные оценки рисков показали, что содержание ТА в некоторых травяных чаях по сумме атропина и скополамина

может превышать установленный уровень разового безопасного поступления (ARfD) – 0,016 мкг/кг массы тела. В связи с тем что скополамин является производным гиосциамина (атропина), оценку безопасности пищевой продукции, в том числе БАД к пище на растительной основе, травяных сборов и настоев, следует проводить на основе данных об уровне содержания в них атропина. Такой подход позволит проводить эффективный мониторинг загрязненности ТА всех видов пищевой продукции на растительной основе, в том числе БАД к пище на основе трав, травяных сборов и настоев. В настоящее время в РФ разработан и утвержден количественный метод определения атропина в зерне и зерновой продукции при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС/МС). Вместе с тем следует разработать метод определения атропина в БАД к пище на растительной основе, травяных сборах, настоях, а также установить его максимально допустимый уровень содержания в данной категории пищевой продукции.

Закключение. Для безопасного использования травяных сборов и БАД к пище на растительной основе рекомендовано проведение мониторинга данных видов пищевой продукции на наличие в них ТА. Считаем возможным в ходе контрольно-надзорных мероприятий в качестве индикаторного показателя безопасности БАД к пище на растительной основе, травяных чаев и настоев по содержанию в них ТА использовать значения содержания в них атропина. С целью эффективного мониторинга и контроля этих видов пищевой продукции по содержанию ТА считаем необходимым разработать метод их анализа с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС/МС).

Список литературы

1. Soulaïdopoulos S, Sinakos E, Dimopoulou D, Vettas C, Cholongitas E, Garyfallos A. Anticholinergic syndrome induced by toxic plants. *World J Emerg Med.* 2017;8(4):297–301. doi: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.04.009
2. Chan TYK. Worldwide occurrence and investigations of contamination of herbal medicines by tropane alkaloids. *Toxins (Basel).* 2017;9(9):284. doi: 10.3390/toxins9090284
3. European Food Safety Authority (EFSA); Arcella D, Altieri A, Horváth Z. Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA J.* 2018;16(2):e05160. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5160
4. Kim N, Estrada O, Chavez B, Stewart C, D'Auria JC. Tropane and granatane alkaloid biosynthesis: A systematic analysis. *Molecules.* 2016;21(11):1510. doi: 10.3390/molecules21111510
5. Stratton J, Clough J, Leon I, Sehlanova M, MacDonald S. *Monitoring of Tropane Alkaloids in Food: Final Report.* FS 102116. Fera Science Ltd.; 2017. Accessed April 25, 2022. <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/fs102116finalreport.pdf>
6. Philipov S, Doncheva T. Alkaloids derived from ornithine: Tropane alkaloids. In: Ramawat K, Mérillon JM, eds. *Natural Products.* Springer, Berlin, Heidelberg; 2013:343–358. doi: 10.1007/978-3-642-22144-6_8

⁷ Определение атропина в зерне злаковых культур методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (ВЭЖХ-МС/МС). Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений № 0175/РОСС RU.001.310430/2020. Метод разработан ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Авторы: В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, С.А. Хотимченко, И.Е. Соколов, О.В. Багрянцева, А.Д. Малинкин, В.В. Бессонов, А.И. Колобанов, Е.В. Елизарова.

7. Cinelli MA, Jones AD. Alkaloids of the Genus *Datura*: Review of a rich resource for natural product discovery. *Molecules*. 2021;26(9):2629. doi: 10.3390/molecules26092629
8. Головкин БН, Руденская РН, Трофимова ИА, Шретер АИ., Семихов В.Т. Биологически активные вещества растительного происхождения. В трех томах. Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2001. Т. 1. 764 с.
9. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements. *EFSA J*. 2012;10(5):2663. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2663
10. Mulder P, de Nijs M, Castellari M, et al. Occurrence of tropane alkaloids in food. *EFSA Support Publ*. 2016;13(12):1140E. doi: 10.2903/sp.efsa.2016.EN-1140
11. Багрянцева ОВ, Соколов ИЕ, Колобанов АИ, Елизарова ЕВ, Хотимченко СА. О регламентации тропановых алкалоидов в зерновых продуктах // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 3. С. 54–61: doi: 10.24411/0042-8833-2020-10029
12. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed. *EFSA J*. 2013;11(10):3386. doi: 10.2903/j.efsa.2013.3386
13. European Food Safety Authority (EFSA); Arcella D, Altieri A, Horváth Z. Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA J*. 2018;16(2):e05160. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5160
14. Eguchi R, Ono N, Hirai Morita A, et al. Classification of alkaloids according to the starting substances of their biosynthetic pathways using graph convolutional neural networks. *BMC Bioinformatics*. 2019;20(1):380. doi: 10.1186/s12859-019-2963-6
15. Kerchner A, Farkas A. Worldwide poisoning potential of *Brugmansia* and *Datura*. *Forensic Toxicol*. 2020;38:30–41. doi: 10.1007/s11419-019-00500-2
16. Sharma M, Dhaliwal I, Rana K, Delta AK, Kaushik P. Phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Datura* Species – A review. *Antioxidants (Basel)*. 2021;10(8):1291. doi: 10.3390/antiox10081291
17. Gonçalves J, Luis B, Gallardo E, Duarte AP. Psychoactive substances of natural origin: Toxicological aspects, therapeutic properties and analysis in biological samples. *Molecules*. 2021;26(5):1397. doi: 10.3390/molecules26051397
18. Nachum Z, Shahal B, Shupak A, et al. Scopolamine bioavailability in combined oral and transdermal delivery. *J Pharmacol Exp Ther*. 2001;296(1):121–123.
19. Gonçalves C, Cubero-Leon E, Stroka J. Determination of tropane alkaloids in cereals, tea and herbal infusions: Exploiting proficiency testing data as a basis to derive interlaboratory performance characteristics of an improved LC-MS/MS method. *Food Chem*. 2020;331:127260. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127260
20. Romera-Torres A, Romero-González R, Martínez Vidal JL, Frenich AG. Simultaneous analysis of tropane alkaloids in teas and herbal teas by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry (Orbitrap). *J Sep Sci*. 2018;41(9):1938–1946. doi: 10.1002/jssc.201701485
21. Debnath B, Singh WS, Das M, et al. Role of plant alkaloids on human health: A review of biological activities. *Mater Today Chem*. 2018;9:56–72; doi: 10.1016/j.mtchem.2018.05.001
22. Kohnen-Johannsen KL, Kayser O. Tropane alkaloids: Chemistry, pharmacology, biosynthesis and Production. *Molecules*. 2019;24(4):796. doi: 10.3390/molecules24040796
23. Park L, Furey M, Nugent AC, et al. Neurophysiological changes associated with antidepressant response to ketamine not observed in a negative trial of scopolamine in major depressive disorder. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2019;22(1):10–18. doi: 10.1093/ijnp/pyy051
24. Marín-Sáez J, Romero-González R, Garrido Frenich A. Multi-analysis determination of tropane alkaloids in cereals and solanaceae seeds by liquid chromatography coupled to single stage Exactive-Orbitrap. *J Chromatogr A*. 2017;1518:46–58. doi: 10.1016/j.chroma.2017.08.052
25. Shimshoni JA, Duebecke A, Mulder PP, Cuneah O, Barel S. Pyrrolizidine and tropane alkaloids in teas and the herbal teas peppermint, rooibos and chamomile in the Israeli market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2015;32(12):2058–2067. doi: 10.1080/19440049.2015.1087651
26. Vaclavik L, Krynitsky AJ, Rader JI. Targeted analysis of multiple pharmaceuticals, plant toxins and other secondary metabolites in herbal dietary supplements by ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-orbital ion trap mass spectrometry. *Anal Chim Acta*. 2014;810:45–60. doi: 10.1016/j.aca.2013.12.006
27. Chan WS, Wong GF, Hung CW, et al. Interpol review of toxicology 2016–2019. *Forensic Sci Int Synerg*. 2020;2:563–607. doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.01.018
28. Jones NS, Comparin JH. Interpol review of controlled substances 2016–2019. *Forensic Sci Int Synerg*. 2020;2:608–669. doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.01.019
29. Zheng W, Yoo KH, Choi JM, et al. A modified QuE-ChERS method coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the simultaneous detection and quantification of scopolamine, L-hyoscyamine, and sparteine residues in animal-derived food products. *J Adv Res*. 2018;15:95–102. doi: 10.1016/j.jare.2018.09.004
30. Dzuman Z, Jonatova P, Stranska-Zachariasova M, et al. Development of a new LC-MS method for accurate and sensitive determination of 33 pyrrolizidine and 21 tropane alkaloids in plant-based food matrices. *Anal Bioanal Chem*. 2020;412(26):7155–7167. doi: 10.1007/s00216-020-02848-6

References

1. Soulaïdopoulos S, Sinakos E, Dimopoulou D, Vettas C, Cholongitas E, Garyfallos A. Anticholinergic syndrome induced by toxic plants. *World J Emerg Med*. 2017;8(4):297–301. doi: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.04.009
2. Chan TYK. Worldwide occurrence and investigations of contamination of herbal medicines by tropane alkaloids. *Toxins (Basel)*. 2017;9(9):284. doi: 10.3390/toxins9090284
3. European Food Safety Authority (EFSA); Arcella D, Altieri A, Horváth Z. Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA J*. 2018;16(2):e05160. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5160
4. Kim N, Estrada O, Chavez B, Stewart C, D'Auria JC. Tropane and granatane alkaloid biosynthesis: A systematic analysis. *Molecules*. 2016;21(11):1510. doi: 10.3390/molecules21111510
5. Stratton J, Clough J, Leon I, Sehlanova M, MacDonald S. *Monitoring of Tropane Alkaloids in Food: Final Report*. FS 102116. Fera Science Ltd.; 2017. Accessed April 25, 2022. <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/fs102116finalreport.pdf>
6. Philipov S, Doncheva T. Alkaloids derived from ornithine: Tropane alkaloids. In: Ramawat K, Mérillon JM, eds. *Natural Products*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2013:343–358. doi: 10.1007/978-3-642-22144-6_8
7. Cinelli MA, Jones AD. Alkaloids of the Genus *Datura*: Review of a rich resource for natural product discovery. *Molecules*. 2021;26(9):2629. doi: 10.3390/molecules26092629
8. Golovkin BN, Rudenskaya RN, Trofimova IA, Schreter AI, Semikhov VF. [Biologically Active Substances of Plant Origin.] Vol. 1. Moscow: Nauka Publ.; 2001. (In Russ.)
9. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements. *EFSA J*. 2012;10(5):2663. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2663
10. Mulder P, de Nijs M, Castellari M, et al. Occurrence of tropane alkaloids in food. *EFSA Support Publ*. 2016;13(12):1140E. doi: 10.2903/sp.efsa.2016.EN-1140

11. Bagryantseva OV, Sokolov IE, Kolobanov AI, Elizarova EV, Khotimchenko SA. On the regulate tropane alkaloids in grain products. *Voprosy Pitaniya*. 2020;89(3):54-61. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10029
12. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed. *EFSA J*. 2013;11(10):3386. doi: 10.2903/j.efsa.2013.3386
13. European Food Safety Authority (EFSA); Arcella D, Altieri A, Horváth Z. Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA J*. 2018;16(2):e05160. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5160
14. Eguchi R, Ono N, Hirai Morita A, et al. Classification of alkaloids according to the starting substances of their biosynthetic pathways using graph convolutional neural networks. *BMC Bioinformatics*. 2019;20(1):380. doi: 10.1186/s12859-019-2963-6
15. Kerchner A, Farkas A. Worldwide poisoning potential of *Brugmansia* and *Datura*. *Forensic Toxicol*. 2020;38:30-41. doi: 10.1007/s11419-019-00500-2
16. Sharma M, Dhaliwal I, Rana K, Delta AK, Kaushik P. Phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Datura* Species – A review. *Antioxidants (Basel)*. 2021;10(8):1291. doi: 10.3390/antiox10081291
17. Gonçalves J, Luís B, Gallardo E, Duarte AP. Psychoactive substances of natural origin: Toxicological aspects, therapeutic properties and analysis in biological samples. *Molecules*. 2021;26(5):1397. doi: 10.3390/molecules26051397
18. Nachum Z, Shahal B, Shupak A, et al. Scopolamine bioavailability in combined oral and transdermal delivery. *J Pharmacol Exp Ther*. 2001;296(1):121-123.
19. Gonçalves C, Cubero-Leon E, Stroka J. Determination of tropane alkaloids in cereals, tea and herbal infusions: Exploiting proficiency testing data as a basis to derive interlaboratory performance characteristics of an improved LC-MS/MS method. *Food Chem*. 2020;331:127260. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127260
20. Romera-Torres A, Romero-González R, Martínez Vidal JL, Frenich AG. Simultaneous analysis of tropane alkaloids in teas and herbal teas by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry (Orbitrap). *J Sep Sci*. 2018;41(9):1938-1946. doi: 10.1002/jssc.201701485
21. Debnath B, Singh WS, Das M, et al. Role of plant alkaloids on human health: A review of biological activities. *Mater Today Chem*. 2018;9:56-72; doi: 10.1016/j.mtchem.2018.05.001
22. Kohnen-Johannsen KL, Kayser O. Tropane alkaloids: Chemistry, pharmacology, biosynthesis and Production. *Molecules*. 2019;24(4):796. doi: 10.3390/molecules24040796
23. Park L, Furey M, Nugent AC, et al. Neurophysiological changes associated with antidepressant response to ketamine not observed in a negative trial of scopolamine in major depressive disorder. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2019;22(1):10-18. doi: 10.1093/ijnp/pyy051
24. Marín-Sáez J, Romero-González R, Garrido Frenich A. Multi-analysis determination of tropane alkaloids in cereals and solanaceae seeds by liquid chromatography coupled to single stage Exactive-Orbitrap. *J Chromatogr A*. 2017;1518:46-58. doi: 10.1016/j.chroma.2017.08.052
25. Shimshoni JA, Duebecke A, Mulder PP, Cuneah O, Barel S. Pyrrolizidine and tropane alkaloids in teas and the herbal teas peppermint, rooibos and chamomile in the Israeli market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2015;32(12):2058-2067. doi: 10.1080/19440049.2015.1087651
26. Vaclavik L, Krynitsky AJ, Rader JI. Targeted analysis of multiple pharmaceuticals, plant toxins and other secondary metabolites in herbal dietary supplements by ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-orbital ion trap mass spectrometry. *Anal Chim Acta*. 2014;810:45-60. doi: 10.1016/j.aca.2013.12.006
27. Chan WS, Wong GF, Hung CW, et al. Interpol review of toxicology 2016–2019. *Forensic Sci Int Synerg*. 2020;2:563-607. doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.01.018
28. Jones NS, Comparin JH. Interpol review of controlled substances 2016–2019. *Forensic Sci Int Synerg*. 2020;2:608-669. doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.01.019
29. Zheng W, Yoo KH, Choi JM, et al. A modified QuEChERS method coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the simultaneous detection and quantification of scopolamine, L-hyoscyamine, and sparteine residues in animal-derived food products. *J Adv Res*. 2018;15:95-102. doi: 10.1016/j.jare.2018.09.004
30. Dzuman Z, Jonatova P, Stranska-Zachariasova M, et al. Development of a new LC-MS method for accurate and sensitive determination of 33 pyrrolizidine and 21 tropane alkaloids in plant-based food matrices. *Anal Bioanal Chem*. 2020;412(26):7155-7167. doi: 10.1007/s00216-020-02848-6



Врожденный и адаптивный иммунитет у работников ведущих профессий производства хлористого калия в условиях воздействия мелкодисперсной пыли

О.В. Долгих¹, Д.Г. Дианова^{1,2}, Н.А. Никоношина¹

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава России, ул. Полевая, д. 2, г. Пермь, 614081, Российская Федерация

Резюме

Введение. Загрязнение воздушной среды производственных помещений мелкодисперсной пылью способствует дисбалансу факторов неспецифического и специфического иммунитета, повышая риск развития донозологических состояний у работающего населения.

Цель работы – изучить особенности фагоцитарной активности и субпопуляционного состава Т-лимфоцитов у рабочих, занятых в производстве хлористого калия.

Материалы и методы. Группа наблюдения – 54 человека, работники основных профессий производства хлористого калия. Группа сравнения – 67 человек, не имеющих профессионального контакта с вредными производственными факторами. Период проведения – 2019–2022 гг. Условия труда работников ведущих профессий производства хлористого калия характеризуются воздействием вредных факторов производственной среды, наиболее значимым из которых является мелкодисперсная пыль. Выполнена оценка фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови. Уровень экспрессии кластера дифференцировки CD25⁺ и CD95⁺ на Т-лимфоцитах определен методом проточной цитометрии. Материалы статьи подготовлены по результатам выполнения НИР в рамках Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора по проблемам гигиены пп. 2.2.18 «Разработка подходов к ранней диагностике производственно обусловленных заболеваний с применением технологий геномного и постгеномного анализа у работников, связанных с вредными факторами условий труда» НИОКТР № 121081900044-4.

Результаты. Установлено повышенное содержание мелкодисперсной пыли в воздушной среде производственных помещений на рабочих местах машинистов мельниц, центрифуговщиков, фильтровальщиков, аппаратчиков гранулирования и сушки по отношению к рабочей среде работников административно-управленческого аппарата: по критерию содержания частиц фракции РМ_{2,5} – в 6,6 раза, фракции РМ₁₀ – в 7 раз. Выявлено, что у работников группы наблюдения на 20 % снижена способность нейтрофилов к поглощению и перевариванию инородных частиц ($p = 0,047$), тогда как процентное содержание CD25⁺- и CD95⁺-лимфоцитов ниже значений, полученных в группе сравнения, на 30 и 60 % соответственно ($p = 0,001-0,046$).

Заключение. Показано влияние приоритетного компонента загрязнения воздуха рабочей зоны (мелкодисперсная пыль) на состояние врожденного и адаптивного иммунитета у работников ведущих профессий в условиях производства хлористого калия. Показатели врожденного (фагоцитарное число) и адаптивного (CD25⁺-лимфоциты, CD95⁺-лимфоциты) иммунитета рекомендуется использовать для задач ранней диагностики иммунной дисфункции и формирования профессионально обусловленных заболеваний у работников, контактирующих с мелкодисперсными частицами пыли.

Ключевые слова: медицина труда, фагоцитоз, CD-иммунограмма, иммунный профиль, наночастицы.

Для цитирования: Долгих О.В., Дианова Д.Г., Никоношина Н.А. Врожденный и адаптивный иммунитет у работников ведущих профессий производства хлористого калия в условиях воздействия мелкодисперсной пыли // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 63–69. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-63-69>

Сведения об авторах:

✉ Долгих Олег Владимирович – д.м.н., заведующий отделом иммунобиологических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: oleg@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-3145>.

Дианова Дина Гумаровна – д.м.н., старший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; профессор кафедры фармакологии ФГОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава России; e-mail: dianovadina@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0170-1824>.

Никоношина Наталья Алексеевна – младший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики, аспирант ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: nat08.11@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7271-9477>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Долгих О.В., Дианова Д.Г.; сбор данных: Никоношина Н.А.; анализ и интерпретация результатов: Долгих О.В., Дианова Д.Г.; литературный обзор: Никоношина Н.А.; подготовка рукописи: Никоношина Н.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г. Исследование одобрено ЛЭК ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (Протокол № 1 от 03.02.2020). От всех участников было получено информированное добровольное согласие.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

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

Статья получена: 20.03.22 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Innate and Adaptive Immunity in Workers of the Main Occupations Exposed to Fine Particulate Matter in Potassium Chloride Production

Oleg V. Dolgikh,¹ Dina G. Dianova,^{1,2} Natalya A. Nikonoshina¹

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

²Perm State Pharmaceutical Academy, 2 Polevaya Street, Perm, 614081, Russian Federation

Summary

Background: Workplace air pollution with fine particulate matter in industrial premises contributes to imbalance of nonspecific and specific immunity factors, increasing the risk of developing premorbid conditions in workers.

Таким образом, существующие доказательства о губительном влиянии взвешенных частиц в воздухе рабочей зоны на организм человека требуют дальнейшего изучения особенностей неспецифической резистентности и специфических иммунных реакций у лиц, непосредственно контактирующих с мелкодисперсными частицами на рабочем месте.

Цель исследования — изучить показатели фагоцитоза и уровень экспрессии маркеров дифференцировки Т-лимфоцитов у работников, контактирующих с мелкодисперсными частицами пыли в условиях производства хлористого калия.

Материалы и методы. Исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине 1999 г. В ходе настоящего исследования изучены показатели врожденного и адаптивного звеньев иммунного ответа у 121 работника предприятия в условиях производства хлористого калия. Группа наблюдения — 54 человека, работники основных профессий в производстве хлористого калия (машинист мельниц, центрифуговщик 3-го разряда, центрифуговщик 4-го разряда, фильтровальщик, аппаратчик гранулирования, аппаратчик сушки). Условия труда работников ведущих профессий характеризуются воздействием мелкодисперсной пыли. Группа сравнения — 67 человек, не имеющих профессионального контакта с вредными производственными факторами (работники административно-управленческого аппарата). Обследуемые работники обеих групп сопоставимы по возрасту, рабочему стажу и гендерному составу (табл. 1).

Критерии включения в исследование: работники различных профессий предприятия по выпуску хлористого калия, согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: наличие инфекционно-воспалительных заболеваний в стадии обострения, участие в другом исследовании. Все участники исследования подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и использование персональных данных.

Выполнено определение содержания массовой доли и дисперсного состава пылевых частиц в воздухе рабочей зоны (анализатор пыли DustTrak 8533). Пробы воздуха исследовали на содержание

мелкодисперсной пыли размерами менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) и размерами менее 10 мкм (PM_{10}).

Оценка фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови выполнена с помощью тестов, основанных на регистрации поглощения объектов фагоцитоза. Рассчитывали процент фагоцитоза, фагоцитарное число (ФЧ). Для идентификации $CD3^+/CD25^+$ -лимфоцитов и $CD3^+/CD95^+$ -лимфоцитов использован метод проточной цитометрии (проточный цитометр Becton Dickinson).

Статистический анализ данных выполнен с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft). Проверку распределения количественных данных выполняли с помощью статистического критерия Колмогорова — Смирнова. Данные, имеющие нормальное распределение, представлены в виде среднего арифметического значения (M), стандартного отклонения (σ) и 95%-го доверительного интервала для среднего (95% ДИ). Для проверки нулевых гипотез о равенстве средних значений между двумя независимыми группами с нормальным распределением применялся двухвыборочный t -критерий. Сравнение выборочных данных с референтными значениями выполнялось с использованием одновыборочного критерия Вилкоксона. Для оценки связи исследуемых ответов с воздействием фактора рассчитывали отношение шансов (OR), относительный риск (RR) и 95%-й доверительный интервал для отношения шансов и относительного риска. Уровень значимости (p), на котором проводилась проверка нулевых гипотез, принимался равным 0,05.

Результаты. По результатам исследования установлено, что содержание мелкодисперсных частиц на рабочем месте работников основных специальностей выше, чем на рабочем месте работников административно-управленческого аппарата: $PM_{2,5}$ — в 6,6 раза, PM_{10} — в 7 раз (табл. 2).

Оценка показателей врожденного иммунного ответа (фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови) выявила статистически значимое ($p = 0,047$) снижение в среднем в 1,2 раза фагоцитарного числа у работников предприятия, непосредственно контактирующих с мелкодисперсными частицами на рабочем месте, относительно значений, идентифицированных у работников, трудовой процесс которых исключает

Таблица 1. Сравнительная характеристика обследованных работников, занятых на предприятии по производству хлористого калия

Table 1. Comparative characteristics of the surveyed workers employed at the potassium chloride production facility

Показатель / Indicator	Группа сравнения / Comparison group $n = 67$	Группа наблюдения / Observation group $n = 54$
Мужчины, чел. (%) / Men, n (%)	33 (49,3)	17 (31,2)
Женщины, чел. (%) / Women, n (%)	34 (50,7)	37 (68,8)
Возраст, лет, M (σ) / Age, years, M (σ)	38,84 (2,20)	39,60 (5,60)
Стаж, лет, M (σ) / Years of employment, M (σ)	11,40 (2,30)	11,14 (2,88)

Таблица 2. Массовые концентрации мелкодисперсных фракций в воздухе на рабочих местах предприятия по производству хлористого калия, мг/м³

Table 2. Mass concentrations of fine particulate matter in the workplaces air of the potassium chloride production facility, mg/m³

Точка обследования, рабочее место / Sampling point, workplace	$PM_{2,5}$	PM_{10}
Административные помещения, изолированные от производства / Administrative premises isolated from production	0,083	0,098
Рабочие места по основным специальностям / Workplaces on the main specialties	0,547	0,691

др.), маркированные Fas, также фагоцитируются и элиминируются из организма [22, 23].

Система CD95/CD95L теперь, по-видимому, выполняет более сложную биологическую функцию, чем предполагалось ранее. Доказано наличие у мембранного белка CD95 (Fas) не только апоптотической функции, но и неапоптотической активности [24, 25]. Установлено, что апоптотические и неапоптотические сигнальные пути с участием Fas не являются антагонистами и не коррелируют между собой, однако являются взаимозависимыми [24]. Доказана весомая роль молекулы-рецептора Fas в регуляции дифференцировки, пролиферации В-лимфоцитов и выработке иммуноглобулинов [26]. Установлено, что CD95-антиген повышает дифференцировку Th1 и завершенность фагоцитоза [18, 25]. При наличии мелкодисперсной пыли в организме наблюдается развитие иммунного ответа в направлении Th2 [27]. Дисбаланс в системе Th1/Th2 негативно сказывается на взаимосвязи между факторами специфического и неспецифического иммунитета. Активация CD95-неапоптотического сигнального пути в гибнущих клетках позволяет им продуцировать цитокины (включая MCP1 и IL8), привлекая профессиональные фагоциты в очаг воспаления. Взаимозависимые апоптотическая и неапоптотическая функции Fas способствуют рекрутированию профессиональных и непрофессиональных антигенпрезентирующих клеток в очаг воспаления, накоплению фагоцитов в месте внедрения антигена (гаптена), а затем элиминации умирающей клетки. Лигирование Fas стимулирует продукцию провоспалительных цитокинов моноцитарными макрофагами. Таким образом, CD95 способствует развитию эффективного иммунного ответа [24, 25]. Между тем молекулярные механизмы, лежащие в основе переключения между различными сигнальными апоптотическими и неапоптотическими каскадами с участием Fas, остаются неустановленными и требуют их дальнейшей расшифровки.

Очевидно, тесная взаимосвязь между врожденным иммунитетом и адаптивным иммунитетом, а также их способность к взаимной активации достаточно сложно регулируются. Фагоцитозу отводится важная роль в запуске адаптивного иммунного ответа. При этом Т-лимфоциты, будучи центральным звеном адаптивного иммунитета, секретирующим набор цитокинов, участвуют в регуляции механизмов врожденного иммунитета. Наличие статистически значимых связей установленных отклонений показателей врожденного иммунитета с вредными производственными факторами (мелкодисперсная пыль) подтверждает роль взвешенных частиц в иммунном дисбалансе и нарушение взаимосвязи между факторами неспецифической (фагоцитоз) и специфической (субпопуляция Т-лимфоцитов) защиты организма.

Понимание того, что врожденный и адаптивный иммунитет — это взаимосвязанные и взаимозависимые части единой, интегрированной иммунной системы, позволяет выявить на ранних стадиях дефекты того или иного фактора неспецифической или специфической защиты при воздействии мелкодисперсной пыли и своевременно принять адекватные меры по снижению риска формирования производственно обусловленных нарушений здоровья работников.

Заключение. Содержание мелкодисперсных частиц фракций $PM_{2.5}$ и PM_{10} в рабочей среде работников основных специальностей, занятых в производстве хлористого калия, до 7 раз превышает аналогичные значения на рабочих местах работников административно-управленческого аппарата. В группе наблюдения установлено угнетение фагоцитарной активности по критерию фагоцитарного числа, а также снижение содержания Т-лимфоцитов с $CD25^{+}$ - и $CD95^{+}$ -маркерами клеточной дифференцировки относительно группы сравнения. Показатели врожденного иммунитета (фагоцитарное число) и адаптивного иммунитета ($CD3^{+}/CD25^{+}$ -лимфоциты и $CD3^{+}/CD95^{+}$ -лимфоциты) могут быть рекомендованы для раннего выявления иммунного дисбаланса и формирования производственно обусловленных нарушений здоровья у работников промышленных предприятий, подвергающихся воздействию мелкодисперсной пыли.

Список литературы

1. Калаева С.З., Чистяков Я.В., Муратова К.М., Чеботарев П.В. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2016. № 3. С. 40–63.
2. Nadali A, Arfaenia H, Asadgol Z, Fahiminia M. Indoor and outdoor concentration of PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PM_1 in residential building and evaluation of negative air ions (NAIs) in indoor PM removal. *Environ Pollut Bioavailab.* 2020;32:47–55. doi: 10.1080/26395940.2020.1728198
3. Azarov AV, Zhukova NS, Antonov FG. Water-spray systems reducing negative effects of fine-dispersion dust at operator's workplaces of machine-building industries. *Procedia Eng.* 2017;206:1407–1414. doi: 10.1016/j.proeng.2017.10.653
4. Kim H, Kim WH, Kim YY, Park HY. Air pollution and central nervous system disease: A review of the impact of fine particulate matter on neurological disorders. *Front Public Health.* 2020;8:575330. doi: 10.3389/fpubh.2020.575330
5. Saygin M, Gonca T, Öztürk Ö, et al. To investigate the effects of air pollution (PM_{10} and SO_2) on the respiratory diseases asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Turk Thorac J.* 2017;18(2):33–39. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2017.16016
6. Aghababaeian H, Dastoorpoor M, Ghasemi A, Kiarsi M, Khanjani N, Araghi Ahvazi L. Cardiovascular and respiratory emergency dispatch due to short-term exposure to ambient PM_{10} in Dezful, Iran. *J Cardiovasc Thorac Res.* 2019;11(4):264–271. doi: 10.15171/jcvtr.2019.44
7. Chu YH, Kao SW, Tantoh DM, Ko PC, Lan SJ, Liaw YP. Association between fine particulate matter and oral cancer among Taiwanese men. *J Invest Med.* 2019;67(1):34–38. doi: 10.1136/jim-2016-000263
8. Sarkar S, Rivas-Santiago CE, Ibironke OA, et al. Season and size of urban particulate matter differentially affect cytotoxicity and human immune responses to Mycobacterium tuberculosis. *PLoS One.* 2019;14(7):e0219122. doi: 10.1371/journal.pone.0219122
9. Nagappan A, Park SB, Lee SJ, Moon Y. Mechanistic implications of biomass-derived particulate matter for immunity and immune disorders. *Toxics.* 2021;9(2):18. doi: 10.3390/toxics9020018
10. Li D, Li Y, Li G, Zhang Y, Li J, Chen H. Fluorescent reconstitution on deposition of $PM_{2.5}$ in lung and extrapulmonary organs. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2019;116(7):2488–2493. doi: 10.1073/pnas.1818134116
11. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности аннексинового теста у детей, проживающих в условиях техногенной нагрузки (на примере Пермского края) // Пермский медицинский журнал. 2012. Т. 29. № 2. С. 89–94.

- phagocytosis. *Nature*. 2021;597(7877):549-554. doi: 10.1038/s41586-021-03879-4
18. Ueno T, Yamamoto Y, Kawasaki K. Phagocytosis of microparticles increases responsiveness of macrophage-like cell lines U937 and THP-1 to bacterial lipopolysaccharide and lipopeptide. *Sci Rep*. 2021;11(1):6782. doi: 10.1038/s41598-021-86202-5
 19. Birkle T, Brown GC. I'm infected, eat me! Innate immunity mediated by live, infected cells signaling to be phagocytosed. *Infect Immun*. 2021;89(5):e00476-20. doi: 10.1128/IAI.00476-20
 20. Olazabal IM, Martín-Cofreces NB, Mittelbrunn M, Martínez del Hoyo G, Alarcón B, Sánchez-Madrid F. Activation outcomes induced in naïve CD8 T-cells by macrophages primed via „phagocytic” and nonphagocytic pathways. *Mol Biol Cell*. 2008;19(2):701-710. doi: 10.1091/mbc.e07-07-0650
 21. Cockram TOJ, Dundee JM, Popescu AS, Brown GC. The phagocytic code regulating phagocytosis of mammalian cells. *Front Immunol*. 2021;12:629979. doi: 10.3389/fimmu.2021.629979
 22. Dolgikh OV, Dianova DG, Krivtsov AV, Alikina IN. Comparative evaluation of the parameters of spermatozoa apoptosis of young and middle-aged men by flow cytometry. *Byulleten' Eksperimental'noy Biologii i Meditsiny*. 2021;172(10):501-504. (In Russ.) doi: 10.47056/0365-9615-2021-172-10-501-504
 23. Dolgikh OV, Dianova DG, Kazakova OA. Vanadium in the environment as a risk factor causing negative modification of cell death (scientific review). *Health Risk Analysis*. 2020;(4):155-168. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.18.eng
 24. Le Gallo M, Poissonnier A, Blanco P, Legembre P. CD95/Fas, non-apoptotic signaling pathways, and kinases. *Front Immunol*. 2017;8:1216. doi: 10.3389/fimmu.2017.01216
 25. Guégan JP, Legembre P. Nonapoptotic functions of Fas/CD95 in the immune response. *FEBS J*. 2018;285(5):809-827. doi: 10.1111/febs.14292
 26. Yamada A, Arakaki R, Saito M, Kudo Y, Ishimaru N. Dual role of Fas/FasL-mediated signal in peripheral immune tolerance. *Front Immunol*. 2017;8:403. doi: 10.3389/fimmu.2017.00403
 27. Castaceda AR, Vogel CFA, Bein KJ, Hughes HK, Smiley-Jewell S, Pinkerton KE. Ambient particulate matter enhances the pulmonary allergic immune response to house dust mite in a BALB/c mouse model by augmenting Th2- and Th17-immune responses. *Physiol Rep*. 2018;6(18):e13827. doi: 10.14814/phy2.13827





Обнаружение вируса Западного Нила в зимующих комарах на территории Волгоградской области

Н.В. Бородай, А.В. Несговорова, В.К. Фомина, А.К. Мендыгалиева, А.А. Батури, А.С. Антонов, Е.Ф. Авдюшева, Е.В. Молчанова, Д.Н. Никитин, Е.В. Путинцева

ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. Голубинская, д. 7, г. Волгоград, 400131, Российская Федерация

Резюме

Введение. Лихорадка Западного Нила – зоонозная трансмиссивная вирусная инфекция, вызываемая вирусом Западного Нила. Данные о возможности сохранения вируса Западного Нила в межэпизоотический период в регионах с умеренным климатом у зимующих комаров имеют большое значение для понимания механизмов циркуляции патогена. Целью исследования является оценка возможности сохранения вируса Западного Нила в комарах в межэпизоотический период в Волгоградской области.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись зимующие комары, сбор которых проводился в Волгоградской области в 2013–2021 гг. с помощью аккумуляторного аспиратора и ловушки Криштал. Выявление РНК вируса Западного Нила проводили методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в режиме реального времени. Из образца o16/19 (Сх. *piriens*, сбор от 02.04.2019 г.), в котором была обнаружена РНК вируса Западного Нила, с использованием культуры клеток VERO был получен изолят (WNV Volgograd_o16/19). После этого из отфильтрованного клеточного супернатанта полученного изолята была выделена тотальная РНК. Метагеномное секвенирование образца проводили на высокопроизводительном секвенаторе Illumina MiSeq.

Результаты. В зимовочных убежищах было собрано 4070 комаров. На наличие РНК вируса Западного Нила исследовано 157 пулов комаров. РНК вируса Западного Нила выявлена в 2 пулах комаров вида *Culex pipiens* и в 1 пуле комплекса *Anopheles maculipennis*. Филогенетический анализ показал, что изолят WNV Volgograd_o16/19, выделенный из пула зимующих комаров, принадлежал ко второму генотипу вируса Западного Нила. Установлена его принадлежность к монофилетической кладе изолятов вируса Западного Нила, выделенных на территории Волгоградской, Астраханской и Ростовской областей в 2007, 2018–2020 годах.

Заключение. В Волгоградской области впервые вирус Западного Нила обнаружен у зимующих комаров. Результаты этих исследований подтверждают гипотезу о персистенции вируса Западного Нила второго генотипа в комарах в течение межэпизоотического периода и возможности передачи вируса Западного Нила от комара к птице в весенний период как один из механизмов формирования местных очагов на эндемичных по лихорадке Западного Нила территориях Российской Федерации без ежегодного заноса вируса.

Ключевые слова: лихорадка Западного Нила, вирус Западного Нила, межэпизоотический период, *Culex pipiens*, комплекс *Anopheles maculipennis*, зимующие комары.

Для цитирования: Бородай Н.В., Несговорова А.В., Фомина В.К., Мендыгалиева А.К., Батури А.А., Антонов А.С., Авдюшева Е.Ф., Молчанова Е.В., Никитин Д.Н., Путинцева Е.В. Обнаружение вируса Западного Нила в зимующих комарах на территории Волгоградской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 4. С. 70–76. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-70-76>

Сведения об авторах:

✉ **Бородай** Наталья Владимировна – старший научный сотрудник сектора эпизоотологического мониторинга; e-mail: borodai.nat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2076-5276>.

Несговорова Анна Владимировна – научный сотрудник сектора эпизоотологического мониторинга; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5810-8864>.

Фомина Валерия Константиновна – научный сотрудник сектора эпизоотологического мониторинга; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-4052>.

Мендыгалиева Айна Кенжевоевна – научный сотрудник сектора эпизоотологического мониторинга; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3862-9133>.

Батури Артем Александрович – научный сотрудник лаборатории генодиагностики; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9510-7246>.

Антонов Александр Сергеевич – научный сотрудник лаборатории биоинформационного анализа; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-7211>.

Авдюшева Елена Федоровна – научный сотрудник лаборатории биоинформационного анализа; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-1470>.

Молчанова Елена Владимировна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории арбовирусных инфекций; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3722-8159>.

Никитин Дмитрий Николаевич – научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противоэпидемического обеспечения; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Путинцева Елена Викторовна – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и противоэпидемического обеспечения; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9368-6165>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Бородай Н.В., Никитин Д.Н.; сбор данных: Несговорова А.В., Фомина В.К., Мендыгалиева А.К., Батури А.А., Антонов А.С., Авдюшева Е.Ф., Молчанова Е.В.; анализ и интерпретация результатов: Бородай Н.В., Несговорова А.В., Фомина В.К., Мендыгалиева А.К., Молчанова Е.В., Путинцева Е.В.; обзор литературы: Бородай Н.В.; подготовка рукописи: Бородай Н.В., Никитин Д.Н. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: дизайн исследования одобрен Комиссией по биоэтике ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора (Протокол № 2 от 15.06.2020).

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 07.10.21 / Принята к публикации: 04.04.22 / Опубликовано: 29.04.22

Detection of West Nile Virus in Overwintering Mosquitoes in the Volgograd Region

Natalia V. Borodai, Anna V. Nesgovorova, Valeria K. Fomina, Aina K. Mendygaliyeva, Artem A. Baturin, Aleksandr S. Antonov, Elena F. Avdiusheva, Elena V. Molchanova, Dmitrii N. Nikitin, Elena V. Putintseva

Volgograd Plague Control Research Institute, 7 Golubinskaya Street, Volgograd, 400131, Russian Federation

Summary

Introduction: West Nile fever is a zoonotic, vector-borne viral infection caused by West Nile virus. The possibility of persistence of West Nile virus in overwintering mosquitoes in regions with a temperate climate is of great importance for understanding the mechanisms of pathogen circulation.

Objective: To detect West Nile virus in mosquitoes during the inter-epizootic period in the Volgograd Region.

Materials and methods: In 2013–2021, we collected overwintering mosquitoes in different locations of the Volgograd Region using a battery-powered aspirator with a Krishtal's trap to detect West Nile virus RNA in them using a real-time reverse transcription polymerase chain reaction. An isolate (WNV Volgograd_o16/19) was obtained from sample o16/19 (*Cx. pipiens*, collected on April 2, 2019) with detected West Nile virus RNA using a VERO cell culture. After that, total RNA was isolated from the filtered cell supernatant of that isolate. Metagenomic sequencing of the sample was performed using a high-throughput Illumina MiSeq sequencer, Illumina Inc.

Results: In total, we collected 4,070 mosquitoes in wintering shelters and tested 157 pools of the insects for West Nile virus RNA. The latter was detected in two pools of *Culex pipiens* and in one pool of *Anopheles maculipennis* complex. The phylogenetic analysis showed that the WNV Volgograd_o16/19 strain isolated from the pool of wintering mosquitoes belonged to lineage 2 of West Nile virus. We also established its belonging to the monophyletic clade of West Nile virus strains isolated in the Volgograd, Astrakhan, and Rostov regions in the years 2007 and 2018–2020.

Conclusions: We were first to detect West Nile virus in overwintering mosquitoes in the Volgograd Region. Our findings confirm the hypothesis that lineage 2 strains of encephalitic West Nile virus persist in mosquitoes during the inter-epizootic period and can be transmitted from mosquito to bird in springtime as one of the mechanisms of forming autochthonous foci in WNV endemic areas of the Russian Federation in the absence of the annual import of this infection.

Keywords: West Nile fever, West Nile virus, inter-epizootic period, *Culex pipiens*, *Anopheles maculipennis* complex, overwintering mosquitoes.

For citation: Borodai NV, Nesgovorova AV, Fomina VK, Mendygaliyeva AK, Baturin AA, Antonov AS, Avdiusheva EF, Molchanova EV, Nikitin DN, Putintseva EV. Detection of West Nile virus in overwintering mosquitoes in the Volgograd Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(4):70–76. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-4-70-76>

Author information:

✉ Natalia V. Borodai, Senior Researcher, Epizootiological Monitoring Sector, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: borodai.nat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2076-5276>.

Anna V. Nesgovorova, Researcher, Epizootiological Monitoring Sector, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5810-8864>.

Valeria K. Fomina, Researcher, Epizootiological Monitoring Sector, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-4052>.

Aina K. Mendygaliyeva, Researcher, Epizootiological Monitoring Sector, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3862-9133>.

Artem A. Baturin, Researcher, Genetic Testing Laboratory, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9510-7246>.

Aleksandr S. Antonov, Researcher, Laboratory of Bioinformatics Analysis, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-7211>.

Elena F. Avdiusheva, Researcher, Laboratory of Bioinformatics Analysis, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-1470>.

Elena V. Molchanova, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Arbovirus Infections, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3722-8159>.

Dmitrii N. Nikitin, Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-0350>.

Elena V. Putintseva, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Epidemiological Analysis and Anti-Epidemic Support, Volgograd Plague Control Research Institute; e-mail: vari2@sprint-v.com.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9368-6165>.

Author contributions: study conception and design: Borodai N.V., Nikitin D.N.; data collection: Nesgovorova A.V., Fomina V.K., Mendygaliyeva A.K., Baturin A.A., Antonov A.S., Avdiusheva E.F., Molchanova E.V.; analysis and interpretation of results: Borodai N.V., Nesgovorova A.V., Fomina V.K., Mendygaliyeva A.K., Molchanova E.V., Putintseva E.V.; literature review: Borodai N.V.; draft manuscript preparation: Borodai N.V., Nikitin D.N. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study protocol was approved by the Bioethics Committee of Volgograd Plague Control Research Institute, Minutes No. 2 of June 15, 2020.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: October 7, 2021 / Accepted: April 4, 2022 / Published: April 29, 2022

Введение. Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) — зоонозная трансмиссивная вирусная инфекция, вызываемая вирусом Западного Нила (ВЗН). В природе ВЗН поддерживается в энзоотическом цикле между птицами и кровососущими комарами (Diptera, Culicidae). Случайными (тупиковыми) хозяевами могут быть люди, лошади и другие млекопитающие. У человека ЛЗН протекает в виде острого лихорадочного заболевания с симптомами общей интоксикации, умеренного полиаденита, головными и мышечными болями, в ряде случаев с развитием серозного менингита и менингоэнцефалита [1]. На эндемичных по ЛЗН территориях с тропическим и субтропическим климатом циркуляция ВЗН может происходить круглогодично. В регионах с умеренным климатом передача вируса горизонтально позвоночным хозяевам происходит только летом и осенью. В настоящее время ВЗН — наиболее распространенный в Северной Америке и Европе патоген, переносчиками которого являются комары. По данным Референс-центра по мониторингу за возбудителем лихорадки Западного Нила в Российской Федерации, за период 1997–2020 гг. зарегистрировано 2964 случая заболевания лихорадкой Западного Нила в 35 субъектах. Механизмы поддержания ВЗН в межэпизootический период и распространения инфекции весной на эндемичных территориях мало изучены. Особый интерес для исследователей представляют комары, которые переживают зимний период в состоянии диапаузы в различных убежищах. ВЗН в местных популяциях диапаузирующих *Culex pipiens* f. *pipiens* обнаружен в США в Нью-Йорке, Нью-Джерси и Пенсильвании [2–5]. Результаты исследований в долине Сакраменто в Калифорнии показали, что инфицированные самки рода *Culex* могут выживать в течение зимы и, возможно, передавать ВЗН по завершении диапаузы в конце зимы или ранней весной как вертикально, так и горизонтально [6]. В Европе РНК ВЗН у зимующих комаров *Cx. pipiens* обнаружена в Чехии, в регионе Южная Моравия [7]. На территории Российской Федерации подобных исследований не проводилось. Данные

радки Западного Нила в Российской Федерации, за период 1997–2020 гг. зарегистрировано 2964 случая заболевания лихорадкой Западного Нила в 35 субъектах. Механизмы поддержания ВЗН в межэпизootический период и распространения инфекции весной на эндемичных территориях мало изучены. Особый интерес для исследователей представляют комары, которые переживают зимний период в состоянии диапаузы в различных убежищах. ВЗН в местных популяциях диапаузирующих *Culex pipiens* f. *pipiens* обнаружен в США в Нью-Йорке, Нью-Джерси и Пенсильвании [2–5]. Результаты исследований в долине Сакраменто в Калифорнии показали, что инфицированные самки рода *Culex* могут выживать в течение зимы и, возможно, передавать ВЗН по завершении диапаузы в конце зимы или ранней весной как вертикально, так и горизонтально [6]. В Европе РНК ВЗН у зимующих комаров *Cx. pipiens* обнаружена в Чехии, в регионе Южная Моравия [7]. На территории Российской Федерации подобных исследований не проводилось. Данные

о возможности сохранения ВЗН у зимующих комаров в межэпизоотический период имеют большое значение для понимания циркуляции патогена на эндемичных территориях.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является оценка возможности сохранения вируса Западного Нила в комарах в межэпизоотический период в Волгоградской области. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение скрининга на наличие РНК ВЗН и определение уровня инфицированности зимующих комаров, проведение углубленных молекулярно-генетических исследований генома возбудителя ЛЗН.

Материалы и методы. Сбор комаров проводился в г. Волгограде, Среднеахтубинском и Руднянском районах Волгоградской области в 2013–2021 гг. после осенних заморозков и в феврале – начале апреля (таблица). Диапаузирующих самок комаров собирали со стен и потолков погребов, овощехранилища, омшаника, колодцев с помощью аккумуляторного аспиратора (BioQuip Products) и стеклянной ловушки Кришталя (ООО «Химпром»). Пойманных комаров транспортировали в термоконтейнерах («Термо-Конт МК») с хладоэлементами в лабораторию, обезжизивали в морозильной камере при температуре -20°C в течение 5–7 минут и определяли до вида по руководству А.В. Гудевича [8] с помощью стереомикроскопа (Stemi 2000C, Carl Zeiss). Комаров одного вида фасовали на холоде от 2 до 30 особей в микроцентрифужные пробирки (Eppendorf), которые хранили в морозильной камере при -80°C . Затем готовили суспензии пулов комаров в физиологическом растворе и проводили выявление РНК вируса Западного Нила методом ОТ-ПЦР с использованием набора реагентов «АмплиСенс WNV-FL» (ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора) в соответствии с инструкцией производителя. Установление генотипа ВЗН в положительных пробах проводили методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени с использованием 3 пар праймеров и 3 зондов (патенты РФ: № 2715625 от 02.03.2020; № 2715617 от 02.03.2020; № 2737396 от 30.11.2020). Комаров вида *Cx. pipiens* не подвергали анализу с целью выявления различий между внутривидовыми формами: f. *pipiens* и f. *molestus*.

Выделение вируса из проб пулов комаров, в которых была обнаружена РНК ВЗН, проводили с использованием культуры клеток Vero. Для этого клетки выращивали в среде DMEM (Биолот) с добавлением 10 % эмбриональной бычьей сыворотки (Sigma Aldrich, USA), 1 % L-глутамин (Gibco) и 1 % антибиотика/антимикотика (Sigma Aldrich) при 37°C , 5,5 % CO_2 и 70 % влажности. В качестве поддерживающей среды использовалась та же среда с добавлением 2 % эмбриональной бычьей сыворотки. Подготовленный монослой клеточной культуры Vero заражали пробами надосадочной жидкости суспензии комаров согласно классическому протоколу [9].

Для получения углубленной молекулярно-генетической характеристики геноварианта ВЗН, выделенного в зимующих комарах, из отфильтрованного клеточного супернатанта полученного вирусного изолята была выделена тотальная РНК, с которой и проводилась последующая работа по секвенированию. Метагеномное секвенирование образца проводили согласно методике Moser

et al., 2016 [10], с авторскими изменениями на высокопроизводительном секвенаторе Illumina MiSeq (Illumina Inc.). Анализ полученных данных осуществляли с помощью программных продуктов Cutadapt 2.9 [11], Samtools 1.9, Bcftools 1.9, bwa 0.7.17-r1188 [12] и SPAdes v3.11.1 [13], объединенных в конвейеры при помощи собственных скриптов, реализованных на языке Python 3. Для построения множественных выравниваний последовательностей геномов использовали MAFFT v7.271 [14]. Филогенетический анализ осуществляли с помощью программного пакета Mega X [15], для визуализации результатов использовали web-сервис iTOL [16].

Результаты. За период с 2013 по 2021 г. в Волгоградской области в зимовочных убежищах было собрано 4070 комаров: 3602 – *Cx. pipiens*, 468 – комплекса *An. maculipennis*. Места сборов, количество особей и результаты исследований на наличие РНК ВЗН зимующих комаров, собранных в Волгоградской области с 2013 по 2021 г., представлены в таблице. На наличие РНК ВЗН исследовано 136 пулов комаров вида *Cx. pipiens* и 21 пул – комплекса *An. maculipennis*. С 2013 по 2018 г. и в 2021 г. положительных на наличие РНК ВЗН пулов обнаружено не было. РНК ВЗН выявлена: в 1 пуле комаров вида *Cx. pipiens* и в 1 пуле комплекса *An. maculipennis*, собранных 02.04.2019 в погребе дачи СНТ «Колос», и 1 пуле комаров *Cx. pipiens*, собранных 26.02.2020 в погребе усадьбы на хуторе Сахарный. Оба зимовочных убежища расположены на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском районе области.

В результате вирусологического исследования трех проб пулов комаров, в которых была обнаружена РНК ВЗН, удалось получить вирусный изолят из одной (WNV Volgograd_o16/19).

Филогенетический анализ показал, что полученный изолят ВЗН, выделенный из пула зимующих комаров (*Cx. pipiens*, 02.04.2019), принадлежал ко второму генотипу вируса Западного Нила. Установлена его принадлежность к монофилетической кладе геновариантов ВЗН, выделенных на территории Волгоградской, Астраханской и Ростовской областей в 2007, 2018–2020 гг. (рис. 1).

Обсуждение. При исследовании инфицированности возбудителем ЛЗН позвоночных животных и членистоногих в 2013–2021 гг. на территории Волгоградской области РНК ВЗН выявлена в 13 из 914 проб органов диких птиц (1,42 %), в 1 из 1229 проб органов мелких млекопитающих (0,08 %), в 146 из 6820 проб кровососущих комаров (2,14 %) и 7 из 1996 проб иксодовых клещей (0,35 %). При исследовании сывороток крови домашних птиц и лошадей методом ИФА антитела к ВЗН обнаружены в 25 из 49 (51 %) и в 181 из 300 (60 %) исследованных проб соответственно. Эпизоотий ЛЗН среди птиц – основных резервуаров и лошадей – тупиковых хозяев в этот период не зарегистрировано. Основными резервуарами являются врановые и лимнофильные птицы, эффективными переносчиками – комары видов *Culex pipiens* и *Culex modestus*. Вероятно, при высокой дозе заражения второстепенными переносчиками могут являться комары видов *Aedes vexans*, *Aedes caspius*, *Aedes dorsalis*, массовый выплод которых происходит в пойменных водоемах в конце мая – июне.

Комары родов *Anopheles* и *Culex* зимуют на стадии имаго, и численность диапаузирующих

Таблица. Места сборов, количество особей и результаты исследований на наличие РНК ВЗН зимующих комаров, собранных в Волгоградской области с 2013 по 2021 г.**Table. Collection sites and the number of overwintering mosquitoes collected and tested for West Nile virus (WNV) RNA in the Volgograd Region in 2013–2021**

Дата сбора / Collection date (dd.mm.yyyy)	Место сбора / Collection site	Координаты места сбора / Collection site coordinates		Зимовочное убежище / Overwintering shelter	Вид / Species	Количество особей / Number of mosquitoes	Пуллов / Pools	Положитель- ные / Detected WNV positive
		N	E					
09.03.2013	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.607387	44.536846	погреб / cellar	<i>к. An. maculipennis</i>	20	2	0
					<i>Cx. pipiens</i>	18	3	0
10.03.2013	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	41	3	0
				погреб / cellar	<i>к. An. maculipennis</i>	2	1	0
20.10.2013	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	140	6	0
17.03.2014	Питомник НИПЧИ / VPCRI nursery	48.715131	44.784519	овощехранили- ще / vegetable warehouse	<i>Cx. pipiens</i>	2	1	0
29.03.2014	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	67	6	0
27.10.2014	с. Осички / Osichki Village	50.951625	44.499790	омшаник / bee wintering shed	<i>к. An. maculipennis</i>	253	10	0
				колодец / well	<i>Cx. pipiens</i>	12	1	0
04.04.2015	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	80	4	0
04.04.2015	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.607387	44.536846	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	38	2	0
09.11.2016	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	484	16	0
20.10.2017	Питомник НИПЧИ / VPCRI nursery	48.715131	44.784519	овощехранили- ще / vegetable warehouse	<i>Cx. pipiens</i>	100	4	0
					<i>к. An. maculipennis</i>	6	1	0
23.10.2018	Питомник НИПЧИ / VPCRI nursery	48.715131	44.784519	овощехранили- ще / vegetable warehouse	<i>Cx. pipiens</i>	270	9	0
					<i>к. An. maculipennis</i>	80	3	0
08.11.2018	п. Майский / Maysky Village	48.551588	44.18612	колодец / well	<i>Cx. pipiens</i>	7	1	0
26.03.2019	п. Сакко и Ванцетти / Sacco and Vanzetti Village	48.509927	44.504493	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	10	1	0
28.03.2019	п. Колхозная Ахтуба / Kolkhoznoyaya Akhtuba Village	48.714760	44.811811	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	6	1	0
02.04.2019	п. Горьковский / Gorkovsky Village	48.689452	44.328706	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	5	1	0
02.04.2019	Дачи Бакалда / Bakalda cottages	48.648770	44.552548	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	370	13	1
				погреб / cellar	<i>к. An. maculipennis</i>	5	1	1
		48.651515	44.550491	колодец / well	<i>Cx. pipiens</i>	71	3	0
06.04.2019	о. Сарпинский / Sarpinsky Island	48.613909	44.526659	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	582	20	0
11.11.2019	Питомник НИПЧИ / VPCRI nursery	48.715131	44.784519	овощехранили- ще / vegetable warehouse	<i>Cx. pipiens</i>	330	11	0
					<i>к. An. maculipennis</i>	30	1	0
11.11.2019	х. Сахарный / Sakharny Village	48.683818	44.625473	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	480	13	0
					<i>к. An. maculipennis</i>	72	2	0
26.02.2020	х. Сахарный / Sakharny Village	48.683818	44.625473	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	180	6	1
12.04.2020	Дачи Бакалда / Bakalda cottages	48.648770	44.552548	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	150	5	0
18.03.2021	х. Сахарный / Sakharny Village	48.683818	44.625473	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	5	1	0
22.03.2021	Дачи Бакалда / Bakalda cottages	48.648770	44.552548	погреб / cellar	<i>Cx. pipiens</i>	154	5	0
ИТОГО / TOTAL						4070	157	3

Abbreviation: VPCRI, Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), Volgograd, Russian Federation.

самок к весне уменьшается более чем на 95 %. Рост популяций комаров этих родов в течение лета происходит постепенно, численность достигает максимума в конце июля — августе, т. е. в сезон передачи ВЗН. Комары рода *Anopheles* предпочитают питаться на млекопитающих, что ограничивает их роль в передаче ВЗН. Напротив, виды рода *Culex*, в частности *Culex pipiens* L. и *Culex modestus* Fic., распространенные в очагах ЛЗН на юге России, питаются как на птицах, так и на млекопитающих. Кроме того, комары *Cx. pipiens* и *Cx. modestus* более восприимчивы к ВЗН и способны к более эффективной передаче вируса, чем комары *Aedes vexans*, *Aedes caspius*, *Aedes dorsalis*. Приведенные данные позволяют считать именно комаров рода *Culex* основными переносчиками ВЗН на территории России [17]. В Волгоградской области имаго комаров комплекса *An. maculipennis*, неавтогенной формы *Cx. pipiens* (f. *pipiens*) и *Cx. modestus* зимуют в состоянии диапаузы в естественных и искусственных убежищах (рис. 2). В урбанизированных биотопах это могут быть погреба, колодцы, омшаники, в природных — пещеры, норы животных, различные укрытия в прикорневой части деревьев, тростника и т. п.

Поскольку большинство самок, которые входят в состояние диапаузы, не питаются кровью, их инфицирование ВЗН должно происходить посредством вертикальной передачи вируса.

Неопровержимым доказательством того, что вертикально инфицированные осенью самки *Cx. pipiens* f. *pipiens*, пережившие зиму в состоянии диапаузы, способны следующей весной инициировать заражение, являются результаты исследований, проведенные в 2006 г. Anderson J.F. и Main A.J. [18]. Они описали горизонтальную передачу ВЗН инфицированной по вертикали самкой, находившейся в диапаузе более 5 месяцев, и пришли к выводу, что в умеренном климате передача ВЗН у *Cx. pipiens* f. *pipiens* от поколения к поколению является важным средством, позволяющим вирусу сохраняться в зимний период и в последующем вызывать эпизоотии в весенне-летний период. Вероятно редко может также осуществляться и альтернативный механизм, при котором самки перед наступлением диапаузы питаются инфицированной кровью, переживают зиму и передают ВЗН весной [19].

При исследовании 157 пулов комаров, собранных в зимовочных убежищах Волгоградской области в период с 2013 по 2021 г., в 3 пулах обнаружена РНК ВЗН. Общий уровень инфицированности зимующих в Волгоградской области комаров составил 1,9 %. Аналогичный показатель при исследованиях в Нью-Йорке составил 0,1 % [2], в Южной Моравии — 0,5 % [7]. Выявление РНК ВЗН и получение вирусного изолята (WNV Volgograd_o16/19) из зимующих комаров может

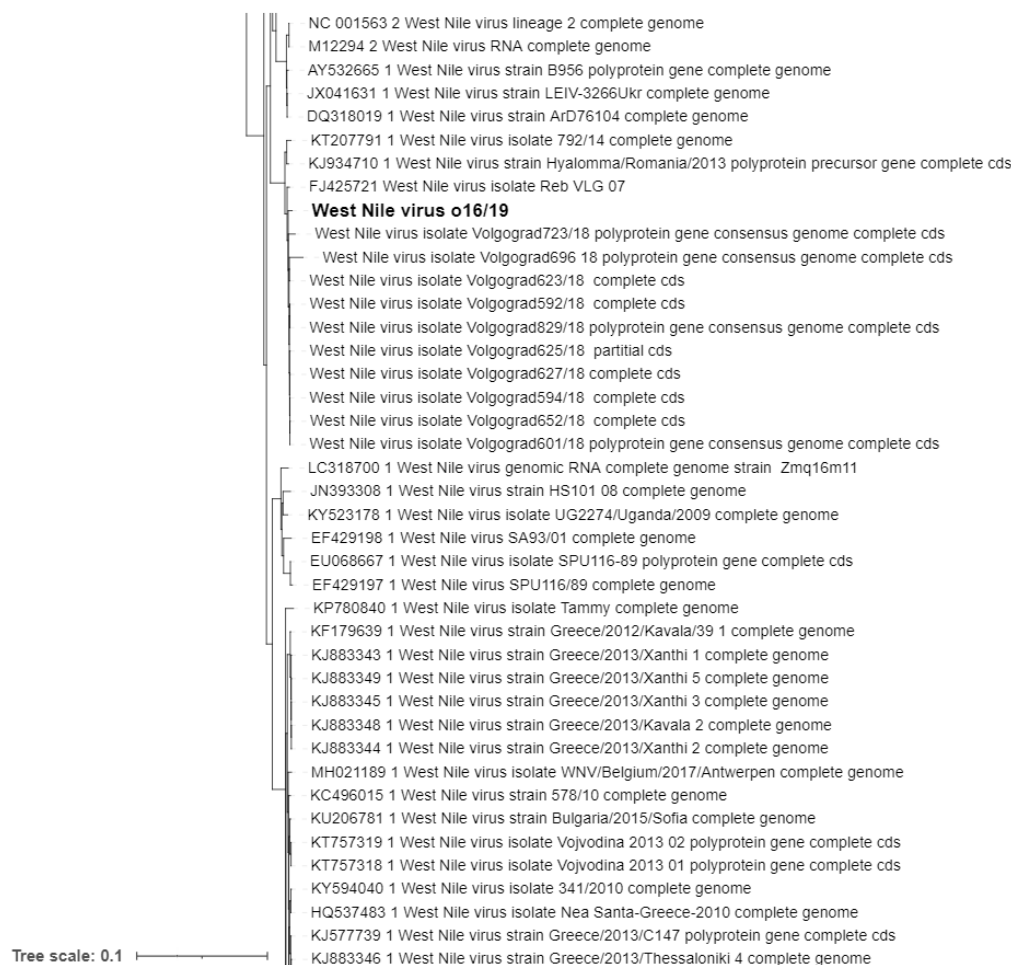


Рис. 1. Дендрограмма, построенная на основе выравненных последовательностей геномов ВЗН, кодирующих вирусный полипротеин методом присоединения соседей с бутстрепом = 1000

Fig. 1. A dendrogram built on the basis of aligned West Nile virus genomes' sequences encoding a viral polyprotein by adding neighbors method with bootstrap = 1,000

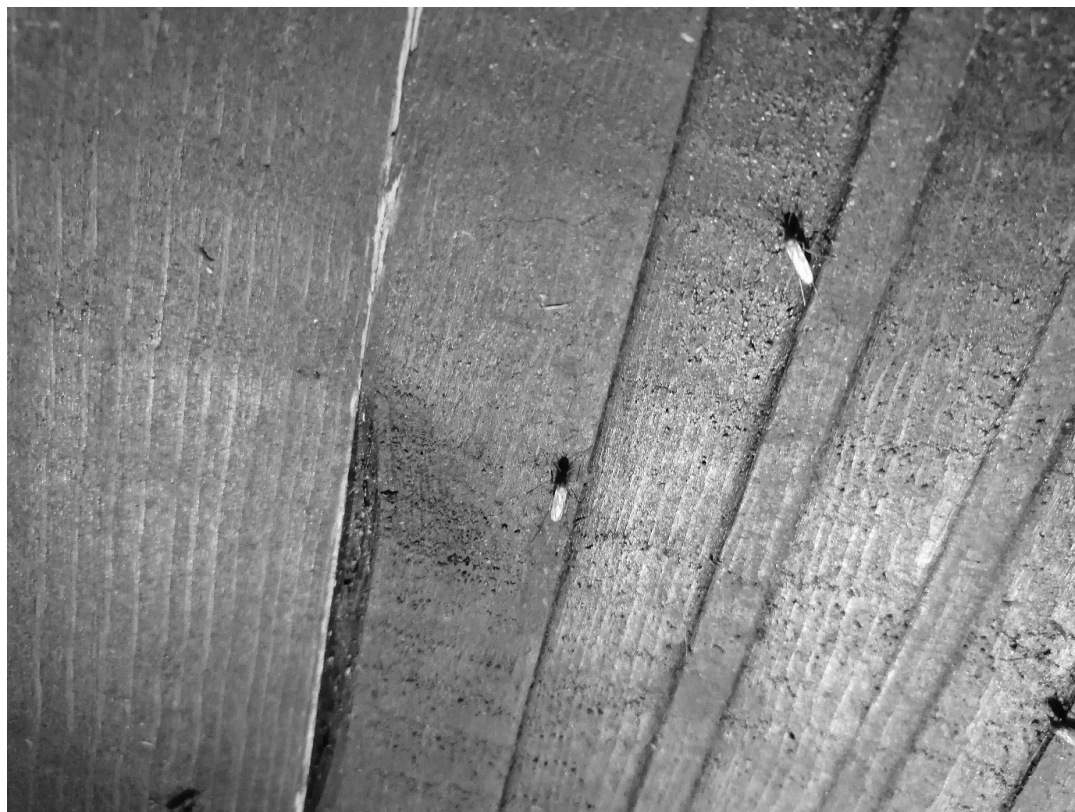


Рис. 2. Диапаузирующие самки *Cx. pipiens* в погребе усадьбы на хуторе Сахарный, Среднеахтубинский район Волгоградской области, 2020 г.

Fig. 2. Diapausing *Culex pipiens* females in the cellar of a homestead in the Sakharny village, Sredneakhtubinsky district of the Volgograd Region, 2020

указывать на возможность длительного сохранения вируса в комарах в межэпизоотический период на эндемичных по ЛЗН территориях Российской Федерации. Типирование ВЗН методом ОТ-ПЦР позволило установить наличие второго генотипа в одном из трех положительных пулов зимующих комаров.

Наши исследования подтверждают предположение о том, что циркуляция ВЗН второго генотипа на эндемичных территориях юга европейской части России поддерживается за счет местной популяции вируса, существующей уже довольно продолжительное время. Так, специалистами Референс-центра по мониторингу за возбудителем ЛЗН получены последовательности геномов 11 изолятов ВЗН из образцов полевого и клинического материала в 2019 г. (4 – все из Волгоградской области) и полевого материала в 2020 г. (2 – Астраханская область, 4 – Волгоградская область, 1 – Ростовская область). Филогенетический анализ показал, что все секвенированные изоляты принадлежат ко второму генотипу ВЗН и формируют отдельную кластерную группу, генетически разобленную со штаммами вируса, выявленными в аналогичный период времени на территориях стран Центральной Европы, Балканского и Средиземноморского регионов. Топология филогенетического дерева указывает на наличие ближайшего единого общего предка у выделенных изолятов ВЗН второго генотипа, существовавшего не позднее 2007 г. Это подтверждают и данные сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей, показавшие у всех изолятов 2018–2020 гг. сходный специ-

фический характер аминокислотных замен, затронувших в основном неструктурные гены. Предположение, что вирусная популяция периодически привносится на данные территории, в настоящее время не находит подтверждения, хотя и не может быть полностью исключено ввиду малого числа исследованных изолятов [20].

Заключение. В Волгоградской области впервые ВЗН обнаружен у зимующих комаров. Результаты этих исследований подтверждают гипотезу о персистенции ВЗН второго генотипа у комаров в течение межэпизоотического периода и возможности передачи ВЗН от комара к птице в весенний период как одного из механизмов формирования местных очагов без ежегодного заноса вируса на эндемичных по ЛЗН территориях Российской Федерации. Однако необходимы дальнейшие исследования резервуаров и переносчиков для углубленного анализа циркуляции ВЗН в Российской Федерации.

Список литературы

1. Викторов Д.В., Смелянский В.П., Липницкий А.В. и др. Лихорадка Западного Нила. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральное казенное учреждение здравоохранения «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт». Волгоград: Волга-Пресс, 2017. 304 с.
2. Nasci RS, Savage HM, White DJ, *et al.* West Nile virus in overwintering *Culex* mosquitoes, New York City, 2000. *Emerg Infect Dis.* 2001;7(4):742-744. doi: 10.3201/eid0704.010426

К 180-летию со дня рождения профессора гигиены А.П. Доброславина и увековечение его имени на Родине (1842–1889)

Доброславин Алексей Петрович, знаменитый гигиенист России, профессор, доктор медицины, действительный статский советник, родился 11 октября (29 сентября по ст.ст.) 1842 года в селе Дятьково Брянского уезда Орловской губернии в семье первого врача хрустального завода Петра Алексеевича Доброславина, уроженца Спасского уезда Нижегородской губернии.

П.А. Доброславина после окончания медицинского факультета Казанского университета призвали на военную службу, которую он завершил в г. Жиздра Калужской губернии в чине штабс-капитана. В 1842 году его пригласил на работу на дятьковский хрустальный завод известный промышленник России «король хрусталя» И.А. Мальцов. В Российском государственном военно-историческом архиве найдена запись, датированная 10 декабря 1842 г.: «Определен врачом с правом государственной службы при имении брянского помещика Мальцова».

В селе Дятьково и родился Алеша и его сестра Ольга (1844 г. рождения), ставшая впоследствии одной из первых сестер милосердия, принявших участие в русско-турецкой войне 1877–1878 гг. В 1848 году семья переехала в г. Калугу, где Алексей получил образование в Калужской классической гимназии, закончил ее с серебряной медалью. В 1859 г. он поступил на учебу в Медико-хирургическую академию в Санкт-Петербурге.

После окончания академии и двухгодичной стажировки за границей с 13 февраля 1871 года служил приват-доцентом кафедры гигиены в Медико-хирургической академии в Санкт-Петербурге, где 1 декабря 1871 года прочитал первую лекцию слушателям академии. С этого момента наступает систематическое изучение гигиены как профильного предмета, а А.П. Доброславин становится первым гигиенистом России. В августе 1872 года он удостоивается звания профессора. С приходом А.П. Доброславина на кафедру, как писал его ученик З.Г. Суровцев, «миновал мифический период гигиены и наступил реально-исторический». Вся деятельность профессора Доброславина была новаторской и охватывала широкий круг проблем. Ознакомившись в заграничной командировке с передовыми идеями в области гигиены в западных странах Европы, он с большой энергией стал внедрять в России мероприятия, улучшающие санитарное состояние городов и населенных мест: централизованное водоснабжение с элементами первичной очистки песчаными фильтрами, сплавную канализацию, охрану почвы от загрязнения нечистотами, охрану атмосферного воздуха, благоустройство городов. У себя на кафедре он создал первую аналитическую лабораторию по контролю качества продуктов питания, оснастил ее необходимым оборудованием, в том числе со временем и респираторным аппаратом Петенкофера, которых было всего три в мире, и организовал аналитическую лабораторию по бесплатному обследованию продуктов, купленных на рынках и у лавочников, в Санкт-Петербурге. Велика его роль в подготовке научных кадров и санитарных врачей: он 9 лет подряд был ученым секретарем Конференции Медико-хирургической, а позже Военно-медицинской академии, проводя в ней важные реформы в сфере образования, укрепляя академию отечественными учеными. Всего им подготовлено около 100 санитарных врачей.



Значима роль А.П. Доброславина и как военного врача, главного гигиениста Российской армии, участника русско-турецкой войны 1877–1878 гг., инспектора военных округов, предотвратившего развитие холеры в Одесском военном округе; по его предложениям во время войны улучшилось обеспечение русских войск качественными продуктами питания, изменилось к лучшему оснащение военных госпиталей теплыми палатками и медицинским оборудованием, а также своевременное проведение дезинфекции общественных мест и др. Алексей Петрович издал учебник «Военная гигиена», служивший не одному поколению военных врачей. Он же дал грамотные гигиенические и противоэпидемические рекомендации по недопущению распространения чумы, возникшей в станице Ветлянской Астраханской губернии.

Большая заслуга принадлежит ученому в создании первого в России гигиенического журнала «Здоровье», который он издавал на собственные средства и где публиковались статьи ведущих ученых Европы и России. Благодаря его усилиям стало возможным получение женщинами высшего образования на женских врачебных курсах при Николаевском военном госпитале. Деятельность А.П. Доброславина была многогранной. Он возглавлял на постоянной основе санитарную комиссию при Санкт-Петербургской городской думе, т. е. был первым санитарным врачом Санкт-Петербурга. Совместно с профессором Н.Ф. Здекауером участвовал в создании Русского общества народного здоровья – первой гигиенической организации России, где руководил работой одной из секций. Большое внимание Алексей Петрович уделял участию в заседаниях Пироговских и земских съездов врачей, письменно отвечал на многочисленные обращения земств в его адрес. На первой международной гигиенической выставке в 1876 году экспозиция А.П. Доброславина, где были представлены гигиенические достижения России, была признана лучшей. А.П. Доброславин везде проявлял себя как высокообразованный ученый, честный и добросовестный человек, с чувством глубокой личной ответственности и большой работоспособностью, профессионализмом и добродетельностью. Он оставил после себя неоценимое наследие в виде книг и учебных пособий. Ученики продолжили дело А.П. Доброславина, умножив его профессиональные и общественные достижения.

В семье ученого родилось 4 мальчика, двое из которых так же, как и отец, стали военными врачами и внесли свой вклад в развитие медицины и защиту России в период Первой мировой войны. Умер ученый 4 декабря 1889 г. в Санкт-Петербурге от брюшного тифа, похоронен на Тихвинском кладбище Александро-Невской лавры. А.П. Чехов на смерть Доброславина написал: «Жалко Доброславина. Зря умер. Брюшной тиф зарезал одного из самых злейших врагов своих».

На родине в г. Дятьково Брянской области чтут имя знаменитого земляка.

С начала 90-х годов прошлого века в городе стал проводиться ряд мероприятий по увековечению памяти первого гигиениста России. Одному из самых протяженных проспектов города, являющемуся въездными воротами в город, присвоено имя А.П. Доброславина.

Исторические страницы развития госсанэпидслужбы Челябинской области

В Челябинском уезде Оренбургской губернии в 1914 году была создана первая бактериологическая лаборатория.

1 сентября 1919 года в Челябинском Губздравотделе создан санитарный подотдел под руководством Н.Л. Либединского – старейшего врача г. Челябинска. Эту дату можно считать днем рождения санитарной организации и дезинфекционной службы в Челябинской губернии. Создаются подотделы в 4 уездных городах.

15 сентября 1922 года был принят декрет Совнаркома РСФСР «О санитарных органах Республики» – официальная дата образования государственной санитарно-эпидемиологической службы страны. Перед ней были поставлены задачи борьбы с инфекционными заболеваниями, охраны окружающей среды, надзора за условиями труда, быта, питания населения, охраны здоровья детей.

8 октября 1927 года Постановлением Совнаркома РСФСР было утверждено «Положение о санитарных органах Республики», в котором излагались обязанности и права санитарной организации.

В 1922–1932 годы – годы индустриализации – при больницах новостроек создаются санитарные бюро, санитарно-гигиенические станции, позднее преобразованные в госсанинспекции. Челябинским санитарным бюро руководил И.П. Журавлев позже получивший почетное звание «Заслуженный врач РСФСР». В 1933 году при сохранении санитарно-эпидемиологических станций была организована Государственная санитарная инспекция, осуществлявшая общее руководство, а также предупредительный санитарный надзор. Инспекция функционировала до 50-х годов. В 1934 году Челябинск стал областным центром и была создана областная санитарно-гигиеническая станция. К 1938 году в городе уже работали противобруцеллезная станция, противокоревая

лаборатория, в городах области Челябинске, Магнитогорске и Златоусте функционировали дезинфекционные станции. С 1939 года в регионе началась иммунизация против дифтерии. К 1940 году в области благодаря санитарному надзору и проведению дезинфекционных мероприятий были ликвидированы холера, натуральная оспа, возвратный тиф; значительно снижена заболеваемость сыпным тифом и малярией.

В июле 1941 года организована областная санэпидстанция, первым главным врачом стал В.И. Серебряков. Создание эвакупунктов, чрезвычайных противоэпидемических комиссий, санпропускников, строгий контроль за питанием и водоснабжением населения позволили избежать эпидемий инфекционных заболеваний. В 1943 году начальником областной санэпидстанции стал Г.Ф. Поллак, под руководством которого функционировали 29 санэпидстанций, 12 санитарно-бактериологических лабораторий, благодаря которым Челябинская область сохранила эпидемическое равновесие и осталась оборонной базой страны. В 1950–1955 годах главным врачом областной санэпидстанции была заслуженный врач РСФСР Р.С. Алексеева, впоследствии крупный организатор здравоохранения области. В 1955–1963 годах руководила службой В.А. Мананникова.

В 1963 году было принято постановление Совета Министров СССР «О Государственном санитарном надзоре в СССР» № 1107, которым определялась главная функция службы – государственный санитарный надзор, а также структура службы, номенклатура ее учреждений и должностных лиц.

В 1965–1979 годах службой руководила заслуженный врач РСФСР Л.М. Павлова. Приоритетными задачами в этот период были укрепление материально-технической базы санэпидслужбы, усиление кадровой политики, совершенствование форм и методов работы.

В 1979–1987 годах областную службу возглавлял заслуженный врач РСФСР А.И. Медведев. 1987 г. – начало реорганизации Госсанэпидслужбы в Челябинской области. В 1987–2010 годах главным государственным санитарным врачом области стал заслуженный врач РФ А.П. Гаврилов – талантливый организатор и реформатор системы Госсанэпиднадзора, который возглавил реорганизацию госсанэпидслужбы в Челябинской области. Были созданы межрегиональные центры с развитой лабораторной базой, сеть учреждений службы в 1991–1999 годах включала 36 городских и районных центров Госсанэпиднадзора и 2 городские дезинфекционные станции.

В 1991 г. был принят закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Госсанэпидслужба получила статус федеральной службы.

В 1994 г. из семи существовавших в Челябинске районных центров организован единый городской Центр Госсанэпиднадзора. Руководил им заслуженный врач Российской Федерации, «Отличник здравоохранения» В.Н. Александров.

30 марта 1999 года был принят новый Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Санэпиднадзор стал основным средством достижения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В 2005 году в рамках реорганизации государственной санитарно-эпидемиологической службы России образованы Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области с 15 территориальными отделами и Федеральное государственное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» с 15 филиалами в городах и районах области. С момента организации руководителем Управления Роспотребнадзора является А.И. Семёнов, главным врачом ФБУЗ «ЦГиЭ» с 2010 г. – Н.Н. Валеуллина.

Управление Роспотребнадзора по Челябинской области,
Семёнов А.И., Ефремов В.М.
ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области»,
Валеуллина Н.Н., Звездин С.М.



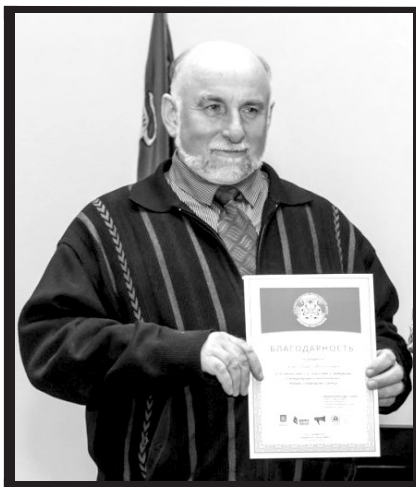
Здание городской СЭС, ул. Советская, 51. 1939 г.



Сотрудники городской санэпидстанции г. Челябинска на крыльце здания пастеровского пункта после совещания по вопросам ликвидации бешенства (в центре Сазонова С.В. – заведующая бактериологической лабораторией). 1963 г.

Памяти Павла Федоровича Кику

С глубоким прискорбием сообщаем, что 10 апреля 2022 года на 66-м году ушел из жизни член редакционной коллегии научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», доктор медицинских наук, кандидат технических наук, профессор, директор Департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета, Павел Федорович Кик – выдающийся российский ученый мирового значения в области медицинской экологии, экологии человека, гигиены, профилактической медицины и организации здравоохранения, человек разносторонних интересов, популяризатор научных знаний.



Павел Федорович родился 27 декабря 1956 года в городе Владивостоке Приморского края. После окончания школы поступил на санитарно-гигиенический факультет Владивостокского государственного медицинского института, который закончил в 1983 году. В этом же году началась его научная деятельность – после окончания учебы Павел Федорович был направлен в очную целевую аспирантуру на кафедру социальной гигиены и организации здравоохранения Кемеровского государственного медицинского института. В аспирантуре им была выполнена диссертация «Социально-гигиеническая характеристика здоровья и профилактика заболеваемости шахтеров гидрошахт Кузбасса». По завершении аспирантуры П.Ф. Кик работал ассистентом на кафедре социальной гигиены и организации здравоохранения Владивостокского государственного медицинского института.

С 1993 г. Павел Федорович работал в НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения в городе Владивостоке, где прошел путь от научного сотрудника до заведующего лабораторией. В 2000 г. он успешно защитил докторскую диссертацию, а в 2001 г. получил звание профессора по специальности «Гигиена».

За более чем 20-летний период работы в системе Российской академии наук П.Ф. Кик участвовал в выполнении 6 научно-исследовательских работ (в трех был руководителем). Совместно с другими исследователями разработал ряд моделей: «Модель комплексной медико-экологической оценки системы «Окружающая среда – здоровье человека», «Информационно-аналитическая модель влияния качества среды обитания на распространение болезней органов дыхания», «Модель обработки социометрических показателей на основе метода математических плеяд».

Личный вклад Павла Федоровича Кику в дело охраны здоровья населения – это создание методологии оценки общественного здоровья на основе системного анализа, использование его принципов при решении задач социально-гигиенического мониторинга, разработка алгоритмов обработки медико-биологической информации, внедрение информационных технологий в экологическо-гигиенические исследования. Им впервые был предложен информационный комплекс обработки медико-экологической информации, основанный на математико-статистических методах (кластерный, факторный, регрессионный анализы), описанный в его докторской диссертации и позволивший на более высоком качественном уровне провести системную оценку влияния факторов среды на общественное здоровье. Также П.Ф. Кик впервые

соединил подходы отечественных и зарубежных ученых при интерпретации данных факторного анализа. В центрах гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации применяются его оригинальные информационные технологии для ранжирования территории по степени экологической нагрузки и риска. Многолетняя кооперация с учеными из Дальневосточного отделения Российской академии наук позволила Павлу Федоровичу выполнить ряд комплексных работ в области охраны окружающей среды и здоровья населения, а также внедрить свои разработки в учебный процесс.

С 2011 года профессор П.Ф. Кик перешел на работу в Школу биомедицины Дальневосточного федерального университета, стал первым заведующим кафедрой профилактической медицины и до настоящего времени являлся там директором Департамента общественного здоровья и профилактической медицины, руководителем образовательных программ аспирантуры «Общественное здоровье и здравоохранение», «Гигиена», а также магистрантской программы «Общественное здоровье и организация здравоохранения».

На протяжении всего этого времени большое внимание Павел Федорович Кик уделял подготовке научных кадров. Под его руководством защищены и утверждены ВАК РФ 12 кандидатских и 5 докторских диссертаций по таким отраслям знаний, как медицинские, биологические, технические, геолого-минералогические науки. Он постоянно проводил циклы лекций и семинаров по вопросам математико-статистической обработки медико-биологической информации, использования системного анализа в медико-биологических исследованиях. Научно-методическая деятельность Павла Федоровича отличалась высоким профессионализмом. Он зарекомендовал себя как трудолюбивый, принципиальный, дисциплинированный преподаватель, отличный организатор, пользующийся заслуженным авторитетом среди студентов и коллег.

Исследования П.Ф. Кику широко известны научной общественности и поддерживаны грантами губернаторов Приморского края (1997, 1999 гг.).

Павел Федорович являлся постоянным председателем секции «Экологические проблемы здоровья» ежегодной международной конференции «Приморские зори», членом докторского диссертационного совета при Владивостокском государственном медицинском университете. С 2013 года осуществлял экспертную работу в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования в секции профилактической медицины. По результатам его научных исследований опубликовано более 500 научных работ, в том числе 17 монографий, 14 методических и учебно-методических пособий, оформлены патенты на 22 изобретения.

За активный научный труд и преподавательскую деятельность П.Ф. Кик награжден грамотами Российской академии наук, губернатора Приморского края, ректора Дальневосточного федерального университета, а также дипломами и благодарностями администраций Приморского края и города Владивостока, отмечен множественными наградами Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, в том числе орденом «Звезда Ученого».

Коллектив ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора выражает глубокое соболезнование родным и близким Павла Федоровича, разделяя горечь утраты. Светлая память о Павле Федоровиче Кику навсегда сохранится в наших сердцах! Помним! Скорбим!