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

ЗНиСО

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)

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Russian monthly peer-reviewed scientific and practical journal

PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Established in 1993

№ 11 Том 30 · 2022
Vol. 30 · 2022

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

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

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

Москва • 2022

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 30 № 11 2022

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

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

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

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

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

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

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

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2022

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

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

В.Г. Акимкин	д.м.н., проф., академик РАН, Заслуженный врач Российской Федерации; директор ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора; заведующий кафедрой дезинфектологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) (г. Москва, Российская Федерация)
Е.В. Ануфриева (научный редактор)	д.м.н., доц.; заместитель директора по научной работе ГАУ ДПО «Уральский институт правления здравоохранением имени А.Б. Блохина»; главный детский внештатный специалист по медицинской помощи в образовательных организациях Минздрава России по Уральскому федеральному округу (г. Екатеринбург, Российская Федерация)
А.М. Большаков	д.м.н., проф. (г. Москва, Российская Федерация)
Н.В. Зайцева	д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (г. Пермь, Российская Федерация)
О.Ю. Милушкина	д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета 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 ФЦГиЭ Роспотребнадзора (г. Москва, Российская Федерация)
В.В. Кутырев	д.м.н., проф., акад. РАН; директор ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт "Микроб"» Роспотребнадзора (г. Саратов, Российская Федерация)
Н.А. Лебедева-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 биокоммуникации ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (г. Москва, Российская Федерация)

В.А. Тутельян д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), эксперт ВОЗ по безопасности пищи (г. Москва, Российская Федерация)

Л.А. Хляп к.б.н.; старший научный сотрудник ФБГУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (ИПЭЭ РАН) (г. Москва, Российская Федерация)

В.П. Чащин д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

А.Б. Шевелев д.б.н.; главный научный сотрудник группы биотехнологии и геномного редактирования ИОГен РАН (г. Москва, Российская Федерация)

Д.А. Шпилев д.социол.н., доц.; профессор кафедры криминологии Нижегородской академии МВД России, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

М.Ю. Щелканов д.б.н., доц.; директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, заведующий базовой кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии с Международным научно-образовательным Центром биологической безопасности в Институте наук о жизни и биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация)

В.О. Щепин д.м.н., проф., членкор РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник, руководитель научного направления ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» (г. Москва, Российская Федерация)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Амрин к.м.н., доц.; начальник отдела медицинских программ филиала Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Инфракос» Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (МЦРИАП РК) в городе Алматы (г. Алматы, Республика Казахстан)

К. Баждарич доктор психологии; старший научный сотрудник кафедры медицинской информатики медицинского факультета Университета Риеки (г. Риека, Хорватия)

А.Т. Досмухаметов к.м.н., руководитель Управления международного сотрудничества, менеджмента образовательных и научных программ Филиала «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологического экспертизы и мониторинга» (НПЦ СЭЭиМ) РГП на ПХВ «Национального Центра общественного здравоохранения» (НЦОЗ) Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)

В.С. Глушанко д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПК и ПК, профессор учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» Министерства здравоохранения Республики Беларусь (г. Витебск, Республика Беларусь)

М.А. оглы Казимов д.м.н., проф.; заведующий кафедрой общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета (г. Баку, Азербайджан)

Ю.П. 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)

С.И. Сычик к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)

И. Томассен Cand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий ученый лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)

Ю.О. Удланд доктор философии (мед.), профессор глобального здравоохранения, Норвежский университет естественных и технических наук (г. Тронхейм, Норвегия); ведущий научный сотрудник института экологии НИУ ВШЭ (г. Москва, Российская Федерация)

Г. Ханн доктор философии (мед.), профессор; председатель общественной организации «Форум имени Р. Коха и И.И. Мечникова», почетный профессор медицинского университета Шарите (г. Берлин, Германия)

А.М. Цацакис доктор философии (органическая химия), доктор наук (биофармакология), профессор, иностранный член Российской академии наук, полноправный член Всемирной академии наук, почетный член Федерации европейских токсикологов и европейских обществ токсикологии (Eurotox); заведующий кафедрой токсикологии и судебно-медицинской экспертизы Школы медицины Университета Крита и Университетской клиники Ираклиона (г. Ираклион, Греция)

Ф.-М. Чжан д.м.н., заведующий кафедрой микробиологии, директор Китайско-российского института инфекции и иммунологии при Харбинском медицинском университете; вице-президент Хэйлунцзянской академии медицинских наук (г. Харбин, Китай)

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 30 № 11 2022

Выходит 12 раз в год

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

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

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

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

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

Опубликовано 29.11.2022
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 12,5
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11
С. 7–100

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

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2022

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 11, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

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

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

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

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

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

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

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2022

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

Vasiliy 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

Vasiliy G. Akimkin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation; Director of the Central Research Institute of Epidemiology; Head of the Department of Disinfectology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
Elena V. Anufrieva (Scientific Editor)	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Deputy Director for Research, A.B. Blokhin Ural Institute of Health Care Management; Chief Freelance Specialist in Medical Care in Educational Institutions of the Russian Ministry of Health in the Ural Federal District, Yekaterinburg, Russian Federation
Alexey M. Bolshakov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow, Russian Federation
Nina V. Zaitseva	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation
Olga Yu. Milushkina	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Nikolai V. Rudakov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation
Olga E. Trotsenko	Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin	Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichevsky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Alexander V. Alekhnovich	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Balakhonov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation
Natalia A. Bokareva	Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Evgeniy L. Borshchuk	Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the First Department of Public Health and Health Care, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation
Nikolai I. Briko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Director of F.F. Erisman Institute of Public Health; Head of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation
Vladimir B. Gurvich	Dr. Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation; Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation
Tamara K. Dzagurova	Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Preparations (Institut of Polyomielitis), Moscow, Russian Federation
Sergey N. Kiselev	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Education, Head of the Department of Public Health and Health Care, Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation
Oleg V. Klepikov	Dr. Sci. (Biol.), Professor; Professor of the Department of 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, Yaroslavsl Region, Russian Federation
Eduard I. Korenberg	Dr. Sci. (Biol.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, Head of the Laboratory of Disease Vectors, Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir M. Korzun	Dr. Sci. (Biol.); Senior Researcher, Head of the Zoological and Parasitological Department, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation
Elena A. Kuzmina	Cand. Sci (Med.); Deputy Head Doctor, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russian Federation
Vladimir V. Kutyrev	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation
Natalia A. Lebedeva-Nesevrya	Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovsky 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
Askhat T. Dosmukhametov	Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of International Cooperation, Management of Educational and Research Programs, Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring, National Center of Public Health Care of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan
Vasiliy S. Glushanko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care with the course of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Vitebsk, Republic of Belarus
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
Juri P. Kurhinen	Dr. Sci. (Biol.), Visiting Scientist, Research Program in Organismal and Evolutionary Biology, University of Helsinki, Finland; Leading Researcher, Laboratory of Landscape Ecology and Protection of Forest Ecosystems, Forest Institute, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
Yngvar Thomassen	Candidatus realium (Chem.), Senior Advisor, National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway; Leading Scientist, Arctic Biomonitoring Laboratory, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation
Aristidis Michael Tsatsakis	PhD (Org-Chem), DSc (Biol-Pharm), Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Full Member of the World Academy of Sciences, Honorary Member of EUROTOX; Director of the Department of Toxicology and Forensic Science, School of Medicine, University of Crete and the University Hospital of Heraklion, Heraklion, Greece
Sergey I. Sychik	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Director of the Republican Scientific and Practical Center for Hygiene, Minsk, Republic of Belarus
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 11, 2022

Published 12 times a year

Established in 1993

All rights reserved. Reprinting and any reproduction of materials and illustrations in printed or electronic form is allowed only with the written permission of the founder and publisher – FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. A reference to the journal is required when quoting. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. Advertisers are solely responsible for the contents of advertising materials.

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

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

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

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

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

Published: November 29, 2022
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 12.5

Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2022;30(11):7–100.

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

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д. Методические подходы к измерению общественного здоровья как медико-социального ресурса и потенциала общества 7

Тихонова О.А., Бушманов А.Ю., Гришакина Н.И., Деньгин В.В., Афонин С.А. Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников Курской атомной электростанции как элемент концепции цифрового двойника производственной медицины 16

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Ланин Д.В., Лихачев К.Н., Зюлева М.В., Долгих О.В. Особенности иммунного и нейроэндокринного статусов детей в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы школьной среды 24

Вятлева О.А., Курганский А.М. Риски ухудшения самочувствия младших школьников при использовании телефона в режиме мобильного Интернета 33

Тапешкина Н.В., Тапешкина М.М., Ердеева С.В., Корсакова Т.Г. Особенности питания у пациентов-подростков при ортодонтическом лечении 40

Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Надёжина Л.Г. Гигиеническая оценка вторичного переработанного полимерного материала для возможного использования в производстве детских товаров 47

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Горяев Д.В., Ухабов В.М. Ассоциативные связи показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, крови и иммунной системы с повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови 54

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В., Щербаков Д.В., Климова А.А., Митрохин О.В. Использование средств защиты органов дыхания во время и после отмены ограничительных мероприятий в связи с пандемией COVID-19 ... 62

Набиева А.С., Асланов Б.И., Нохрин А.В. Факторы риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в детской кардиохирургии 69

Кашникова А.Д., Быстрова Т.Н., Полянина А.В., Залесских А.А. Молекулярно-генетический мониторинг как компонент эпидемиологического надзора за гепатитом С 76

Водопьянов А.С., Писанов Р.В., Водопьянов С.О., Чемисова О.С., Герасименко А.А., Носков А.К., Слись С.С., Ненадская С.А., Коренева А.Д., Коломойцева А.В., Ковалев Е.В., Литовко А.Р., Половинка Н.В. Оценка генетического разнообразия возбудителя норовирусной инфекции в пунктах временного размещения беженцев в Ростовской области в 2022 году с помощью онлайн-программы NoroNetRus 82

Силина А.Е., Молоканова Л.В., Клепиков О.В. Состояние и структура сообществ макрозообентоса р. Усмани по материалам экспедиционного обследования 2021 г. 89

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

Академик Б.Л. Черкасский – эпидемиолог вне времени и пространства 100

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Zudin A.B., Vasunina A.E., Vasiliev M.D. Methodological approaches to measuring public health as the sociomedical resource and potential of the society 7

Tikhonova O.A., Bushmanov A.Yu., Grishakina N.I., Dengin V.V., Afonin S.A. Sickness absence in the Kursk Nuclear Power Plant workers as an element of the digital twin concept in occupational medicine 16

PEDIATRIC HYGIENE

Lanin D.V., Likhatchev K.N., Zyuleva M.V., Dolgikh O.V. Characteristics of the immune and neuroendocrine status of children exposed to non-ionizing radiation in the school environment 24

Vyatleva O.A., Kurgansky A.M. Risks of ill-being posed by mobile internet usage to younger schoolchildren 33

Tapeshkina N.V., Tapeshkina M.M., Erdeeva S.V., Korsakova T.G. Characteristics of nutrition in adolescent patients undergoing orthodontic treatment 40

Barsukova N.K., Chumicheva O.A., Nadiezhina L.G. Hygienic assessment of recycled polymers for their potential use in the manufacturing of children's products 47

COMMUNAL HYGIENE

Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Goryaev D.V., Uhabov V.M. Associations between high blood levels of copper, nickel and chromium and indicators of their adverse effects on respiratory organs, blood and the immune system 54

EPIDEMIOLOGY

Isiutina-Fedotkova T.S., Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Klimova A.A., Mitrokhin O.V. Use of respiratory protective equipment during and after lifting of public health restrictions due to the COVID-19 pandemic 62

Nabieva A.S., Aslanov B.I., Nokhrin A.V. Risk factors for healthcare-associated infections in pediatric cardiac surgery. 69

Kashnikova A.D., Bystrova T.N., Polyanina A.V., Zalesskikh A.A. Genetic monitoring as a component of hepatitis C surveillance 76

Vodop'ianov A.S., Pisanov R.V., Vodop'ianov S.O., Chemisova O.S., Gerasimenko A.A., Noskov A.K., Slis S.S., Nenadskaya S.A., Koreneva A.D., Kolomoitseva A.V., Kovalev E.V., Litovko A.R., Polovinka N.V. Assessment of genetic diversity of noroviruses circulating in temporary accommodation centers for refugees in the Rostov Region in 2022 using the NoroNetRus online software 82

Silina A.E., Molokanova L.V., Klepikov O.V. The state and structure of macrozoobenthos communities of the Usman River according to the materials of the 2021 expeditionary survey 89

MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

Academician Beniamin L. Cherkassky: The epidemiologist beyond time and space 100

Original Research Article

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.2

Check for updates

Методические подходы к измерению общественного здоровья как медико-социального ресурса и потенциала общества

Т.П. Васильева[1], А.В. Ларионов[1], С.В. Русских[1,2], А.Б. Зудин[1], А.Е. Васюнина[1], М.Д. Васильев[1]

[1] ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко», ул. Воронцово Поле, д. 12, стр. 1, г. Москва, 105064, Российская Федерация

[2] Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Мясницкая ул., д. 20, г. Москва, 101000, Российская Федерация

Резюме

Введение. Исследование раскрывает существующие подходы к определению понятия общественного здоровья. Состояние общественного здоровья влияет на возможности государства по достижению стратегических ориентиров и целей национальной безопасности. Увеличение общественного здоровья требует разработки подходов по мониторингу его состояния, а также применению практических инструментов, направленных на рост данного ресурса страны.

Целью данного исследования является постановка проблемы изучения, концептуализации и измерения общественного здоровья.

Материалы и методы. Проведен контент-анализ зарубежных и отечественных источников литературы с целью концептуализации понятия общественного здоровья и факторов, определяющих его размер. Выполнен поиск по пяти базам данных отечественной и зарубежной научной литературы, включая Scopus, Jstor, Ebsco, eLibrary.ru, Web of Science, а также в двух системах поиска нормативной правовой информации актуальной для России («Консультант Плюс» и «Гарант»), за период 1972–2021 гг. Для уточнения понятия «общественного здоровья» проанализированы магистральные социологические работы, раскрывающие понятия «общество», «здоровье». Особый акцент был сделан на поиск детерминант общественного здоровья, включая медицинскую, поведенческую, экологическую и экономическую детерминанты. В результате рассмотрено 31 отечественный и 6 иностранных источников.

Результаты. На основе проведенного анализа предлагается, что общественное здоровье является медико-социальным ресурсом и потенциалом общества, обеспечивающим национальную безопасность и устойчивое развитие страны. Потенциал общества должен рассматриваться как часть общественного здоровья, доступная для противодействия существующим угрозам и вызовам национальной безопасности страны. Раскрываются существующие подходы к разработке системы показателей общественного здоровья, установлению индикативных и критических значений. Изменение ресурса общественного здоровья ниже потенциала определяет нарушение требований национальной безопасности.

Заключение. Повышение общественного здоровья требует определения детерминант состояния, выделения ключевых факторов риска ухудшения общественного здоровья. Создание системы мониторинга обеспечит возможность применения инструментов поддержки общественного здоровья до момента наступления кризиса, связанного с ухудшением здоровья населения в период биовызова.

Ключевые слова: общественное здоровье, медико-социальный ресурс, потенциал, критическое значение, стратегический мониторинг, оперативный мониторинг.

Для цитирования: Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Васюнина А.Е., Васильев М.Д. Методические подходы к измерению общественного здоровья как медико-социального ресурса и потенциала общества // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 7–15. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15

Сведения об авторах:

Васильева Татьяна Павловна – д.м.н., профессор, заслуженный врач Российской Федерации, руководитель направления «Теоретические закономерности формирования общественного здоровья и здоровьесбережение» ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: vasileva_tp@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4831-1783.

Ларионов Александр Витальевич – к.э.н., кандидат наук о государственном и муниципальном управлении, старший научный сотрудник, отдел изучения образа жизни и охраны здоровья населения ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: larionov.av.hse@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8657-6809.

✉ **Русских** Сергей Валерьевич – к.м.н., старший научный сотрудник, отдел изучения образа жизни и охраны здоровья населения ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; доцент кафедры теории и практики государственного управления НИУ «Высшая школа экономики»; e-mail: russkikh1@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3292-1424.

Зудин Александр Борисович – д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения, директор ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: info@nriph.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6966-5559.

Васюнина Анна Евгеньевна – стажер-исследователь, отдел изучения образа жизни и охраны здоровья населения ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: annvass2017@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5490-8140.

Васильев Михаил Дмитриевич – к.м.н., научный сотрудник отдела изучения образа жизни и охраны здоровья населения ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко»; e-mail: vasilev.m.d@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1646-7345.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б.*; сбор данных: *Ларионов А.В., Васюнина А.Е., Васильев М.Д.*; анализ и интерпретация результатов: *Ларионов А.В., Русских С.В., Васюнина А.Е., Васильев М.Д.*; подготовка проекта рукописи: *Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Васюнина А.Е.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено в ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко» в рамках плановой НИР.

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

Статья получена: 27.07.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
Оригинальная исследовательская статья

Methodological Approaches to Measuring Public Health as the Sociomedical Resource and Potential of the Society

Tatyana P. Vasilieva,[1] Alexander V. Larionov,[1] Sergey V. Russkikh,[1, 2] Alexandr B. Zudin,[1] Anna E. Vasunina,[1] Mikhail D. Vasiliev[1]

[1] N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Bldg 1, 12 Vorontsovo Pole Street, Moscow, 105064, Russian Federation

[2] Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation

Summary

Introduction: The study describes existing approaches to defining public health. The state of public health affects the ability of the country to achieve strategic landmarks and national security goals. Strengthening of public health requires the development of approaches to monitoring its condition, as well as the use of practical tools aimed at the growth of this resource of the country.

Objective: To formulate the problem of studying, conceptualizing, and measuring public health.

Materials and methods: We have analyzed foreign and Russian literary sources in order to conceptualize the notion of public health and its determinants. For this, a search was made in five databases of domestic and foreign scientific literature, including Scopus, Jstor, Ebsco, eLibrary.ru, Web of Science, as well as in two search systems for Russian legal information ("Consultant Plus" and "Garant") for the years 1972–2021. To clarify the concept of "public health", we examined the main sociological works revealing the concepts of "society" and "health". Special emphasis was placed on the search for public health determinants, including medical, behavioral, environmental, and economic factors. Overall, we considered 31 domestic and six foreign publications.

Results: Based on our findings, we believe that public health is a medical and social resource and the potential of the society that ensures national security and sustainable development of the country. The potential of the society should be considered as a part of public health, available to counter existing threats and challenges to the national security. We describe current approaches to developing a system of public health indicators, establishing their indicative and critical values. A decrease in the public health resource below the potential determines a violation of national security requirements.

Conclusion: Improvement of public health requires proper understanding of its determinants and key risk factors. Creation of a monitoring system will enable the use of public health supporting tools before the crisis associated with deterioration of public health due to a biological hazard erupts.

Keywords: public health, medical and social resource, potential, critical importance, strategic monitoring, operational monitoring.

For citation: Vasilieva TP, Larionov AV, Russkikh SV, Zudin AB, Vasunina AE, Vasiliev MD. Methodological approaches to measuring public health as the sociomedical resource and potential of the society. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):7–15. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15

Author information:

Tatyana P. **Vasilieva**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Research Direction "Theoretical Patterns of Public Health Formation and Health Maintenance", N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: vasileva_tp@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4831-1783.

Alexander V. **Larionov**, Cand. Sci. (Econ.), Cand. Sci. (Pub. Admin.); Senior Researcher, Department of Lifestyle Studies and Public Health Protection, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: larionov.av.hse@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8657-6809.

✉ Sergey V. **Russkikh**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Lifestyle Studies and Public Health Protection, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; Assoc. Prof., Department of Theory and Practice of Public Administration, Higher School of Economics; e-mail: russkikh1@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3292-1424.

Alexandr B. **Zudin**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Department of Public Health and Health Care, Director of N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: info@nriph.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6966-5559.

Anna E. **Vasunina**, Intern, Department of Lifestyle Studies and Public Health Protection, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: annvass2017@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5490-8140.

Mikhail D. **Vasiliev**, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Department of Lifestyle Studies and Public Health Protection, N.A. Semashko National Research Institute of Public Health; e-mail: vasilev.m.d@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1646-7345.

Author contributions: study conception and design: *Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Zudin A.B.*; data collection: *Larionov A.V., Vasunina A.E., Vasiliev M.D.*; analysis and interpretation of the results: *Larionov A.V., Russkikh S.V., Vasunina A.E., Vasiliev M.D.*; draft manuscript preparation: *Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Vasunina A.E.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The study was conducted at the N.A. Semashko National Research Institute of Public Health as part of planned research project.

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

Received: July 27, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Исследование содержит литературный обзор по различным аспектам изучения общественного здоровья (далее – ОЗ). В соответствии с Указом Президента РФ от 02.07.2021 № 400[1] одним из ключевых направлений обеспечения национальной безопасности является «сбережение народа России и развитие человеческого потенциала». Последнее предполагает достижение устойчивого естественного роста населения, повышение качества человеческого ресурса, ответственного за формирование в среднем 2/3 ВВП стран [1]. В результате реализации мероприятий по «сбережению народа России» должно улучшиться состояние народонаселения, что неминуемо приведет к повышению потенциала государства в части возможности противодействия внутренним и внешним угрозам [2]. Реализация вышеописанного направления требует применения системы практических инструментов, основанных на необходимой методологической базе, четких стратегических ориентирах в сфере ОЗ.

Понятие ОЗ содержится в ст. 72 Конституции Российской Федерации, предполагающей, что вопросы координации здравоохранения, в т. ч. сохранение и укрепление ОЗ, находятся в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов. Таким образом, центральная роль ОЗ как ресурса для развития общества очевидна. Оценка состояния и своевременное применение антикризисных инструментов для поддержания требуемого уровня ОЗ являются важной задачей как для федеральных, так и для региональных органов власти. Вместе с тем на данный момент в Российской Федерации отсутствует единая система мониторинга ОЗ, что связано с существованием различных подходов к трактовке понятия ОЗ, его элементов и, как следствие, ключевых показателей, позволяющих оценить состояние ОЗ. Именно поэтому решение проблемы концептуализации понятия ОЗ является достаточно актуальной.

[1] Указ Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401325792/ (дата обращения: 12.07.2022).

Необходимо понимать, что понятие ОЗ не является тождественным понятию «здоровья», что возможно доказать с помощью системного подхода. Сумма здоровий каждого отдельного человека не даст в совокупности реальный размер ОЗ. ОЗ необходимо рассматривать как системный объект, обладающий внутренними связями [3]. Именно поэтому упрощение изучения ОЗ до проблематики здоровья группы лиц и населения в полной мере не отражает суть указанного понятия, не принимает в расчет воздействие различных людей друг на друга. В результате для измерения ОЗ используются показатели, связанные с измерением здоровья отдельного человека или групп лиц, или населения, и не позволяющие оценить состояние ОЗ как характеристики всего общества.

Целья: постановка проблемы изучения, концептуализации и измерения ОЗ.

Материалы и методы. Выполнен поиск по пяти базам данных отечественной и зарубежной научной литературы, включая Scopus, Jstor, Ebsco, eLibrary.ru, Web of Science, а также в двух системах поиска нормативной правовой информации актуальной для России («Консультант Плюс» и «Гарант»), за период 1972–2021 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам «общественное здоровье» и «общество», для большей детализации основного термина. Также были включены статьи, раскрывающие особенности вычисления ИОЗ и определения детерминант общественного здоровья, медицинскую, поведенческую (изучался подход, применяемый в сфере поведенческих финансов), экологическую и экономическую детерминанты. Материалы систематизировались с целью всестороннего аспектов ОЗ. Всего было отобрано 48 источников, из них: 11 нормативно-правовых актов; 31 отечественный источник и 6 иностранных. При выборе материалов учитывалось качество публикации, а также уровень журнала. На основе проведенного контент-анализа зарубежных и отечественных источников литературы осуществлена концептуализация понятия «общественное здоровье» и факторов, определяющих его размер. Для оценки ОЗ были отобраны показатели, иллюстрирующие эффективность реализации стратегических документов (к примеру, федеральный проект «Демография»). Основными источниками данных выступает сайт Федеральной службы государственной статистики, а также открытые данные Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Результаты. Раскрытие понятия ОЗ связано с изучением двух ключевых характеристик: общества и здоровья. Возможно выделить следующие ключевые уровни здоровья (рис. 1): первый уровень – индивидуальное здоровье (human health), второй уровень – групповое здоровье (community health), третий уровень – популяционное здоровье (population health), четвертый уровень – общественное здоровье (public health) [4].

Уровень 1. Индивидуальное здоровье. Индивидуальное здоровье характеризует здоровье отдельного человека. Определение индивидуального здоровья как «состояния полного физического, социального и психического благополучия, а не просто отсутствия болезни или физических дефектов» дано в принятом в 1948 г. Уставе ВОЗ[2]. Понятие «благополучие» определяется ВОЗ как «удовлетворенность жизнью»[3].

Агрегированная оценка индивидуального здоровья в настоящий период времени уже создана и предполагает выделение определенной группы здоровья, учитывающей как наличие заболеваний, предболезней (ожирение, предрак), так и факторов риска ухудшения ОЗ. Группа здоровья раскрывает информацию о наличии жалоб, наличии факторов риска, таких как курение, алкоголь, наличии функциональных отклонений (к примеру, предболезни: «предрак» (предопухолевые состояния), «преддиабет» (риск развития диабета), «предожирение» и др.), наличии заболевания. Заболевание может быть компенсированным (организм уравновешен к различным факторам) и субкомпенсированным (уравновешенное состояние за счет мобилизации), а также декомпенсированным (в случае

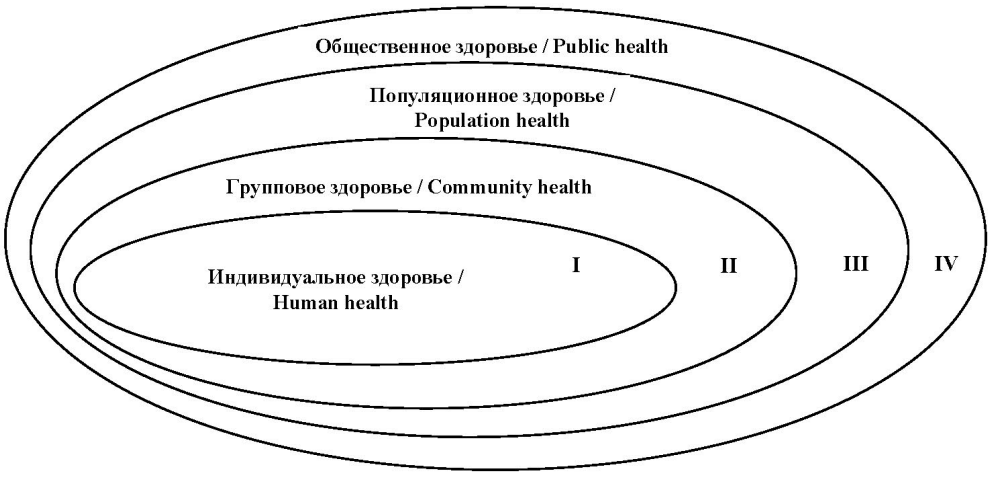

Рис. 1. Уровни общественного здоровья
Fig. 1. Levels of public health

[2] Устав ВОЗ. Принципы. Всемирная организация здравоохранения / Электронные текстовые данные. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.who.int/ru/about/governance/constitution (дата обращения: 12.07.2022).
[3] Глоссарий терминов по вопросам укрепления здоровья. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 1998. 44 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
Оригинальная исследовательская статья

возникновения инвалидности). В результате учета данных характеристик выделяются первая, вторая и третья группы здоровья.

Различия в группах здоровья определяются для взрослого и детского населения (табл. 1)[4].

В зависимости от стадии и компенсации болезни (неинфекционные заболевания) третья группа у взрослых[5] дополнительно подразделена на две подгруппы: IIIа – хронические больные и IIIб – больные, не имеющие хронической формы неинфекционного заболевания. У детей[6] кроме первой, второй и третьей группы здоровья дополнительно выделяют еще две: четвертую и пятую в соответствии с тяжестью и стадией хронического заболевания (легкая степень / ремиссия, средняя тяжесть / нестойкая ремиссия и тяжелое). В проведенных социально-гигиенических исследованиях состояние этих критериев уточнено с учетом возраста и физиологического периода жизни человека [5]. Необходимо учитывать состояние здоровья с одновременным включением социальных и экономических факторов [6].

Получается, что на уровне индивидуума интегральная оценка в настоящий период времени разработана. Однако не до конца понятно, возможно ли использовать полученную интегральную оценку для анализа здоровья группы людей.

Уровень 2. Групповое здоровье. В литературе под групповым здоровьем понимается «состояние здоровья определенной группы людей» [7]. В качестве группы людей может выделяться отдельно семья, работники одного учреждения, члены группы с одним хобби и т. д. Чаще всего групповое здоровье рассчитывается посредством учета среднеарифметических значений индивидуальных здоровий. Таким образом, при измерении группового здоровья ключевой акцент делается на измерении среднего агрегированного здоровья людей, входящих в изучаемую группу. Примером изучения группового здоровья может послужить изучение здоровья профессиональных групп и реализация программ по их поддержке [8].

Уровень 3. Популяционное здоровье (здоровье населения в рамках территории). Понятие «популяционное здоровье» в литературе определяется как «состояние здоровья населения» [9]. В ряде источников вместо термина «популяционное здоровье» применяют термин «здоровье населения»[7]. Использование понятия «популяционное здоровье» позволяет сконцентрировать ресурсы системы здравоохранения на улучшении показателей здоровья населения, проживающих на одной территории[8]. В частности, под популяционным здоровьем может пониматься здоровье людей,

Таблица 1. **Группы индивидуального здоровья**

Table 1. **Groups of personal health**

<table>
<tr><th colspan="5">Группы здоровья взрослого населения / Adult health groups</th></tr>
<tr><th>Первая группа / Group 1</th><th>Вторая группа / Group 2</th><th colspan="3">Третья группа / Group 3</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Нет болезни, по всем параметрам ноль / No disease, all the parameters are zero</td><td rowspan="3">Жалоб нет, однако есть факторы риска развития заболевания / No complaints but risks of a disease onset exist</td><td colspan="3">Выявлены заболевания, есть жалобы, факторы риска развития неинфекционных заболеваний, функциональные отклонения / Diseases, complaints, risk factors for the development of non-communicable diseases, functional abnormalities</td></tr>
<tr><td colspan="2">IIIa</td><td>IIIb</td></tr>
<tr><td colspan="2">Хронические неинфекционные заболевания / Chronic non-communicable diseases</td><td>Больные, не имеющие хронической формы неинфекционного заболевания / No chronic non-communicable diseases</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="5">Группы здоровья детского населения / Child health groups</th></tr>
<tr><th>Первая группа / Group 1</th><th>Вторая группа / Group 2</th><th>Третья группа / Group 3</th><th>Четвертая группа / Group 4</th><th>Пятая группа / Group 5</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Нет болезни, по всем параметрам ноль / No disease, all the parameters are zero</td><td rowspan="2">Жалоб нет, однако есть факторы риска развития заболевания / No complaints but risks of a disease onset exist</td><td colspan="3">Выявлены заболевания, есть жалобы, факторы риска развития неинфекционных заболеваний, функциональные отклонения / Diseases, complaints, risk factors for the development of non-communicable diseases, functional abnormalities</td></tr>
<tr><td>Легкая степень болезни / ремиссия / Mild disease and/or remission</td><td>Средняя тяжесть болезни / нестойкая ремиссия / Moderate disease and/or unstable remission</td><td>Тяжелое течение / Severe disease</td></tr>
</table>

[4] Источник: составлена авторами исследования на основе приказа Минздрава России от 27.04.2021 № 404н (ред. от 01.02.2022) «Об утверждении Порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения» (зарегистрировано в Минюсте России 30.06.2021 № 64042) и приказа Минздрава России от 10.08.2017 № 514н (ред. от 19.11.2020) «О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних» (вместе с «Порядком заполнения учетной формы № 030-ПО/у-17 "Карта профилактического медицинского осмотра несовершеннолетнего"», «Порядком заполнения и сроки представления формы статистической отчетности № 030-ПО/о-17 "Сведения о профилактических медицинских осмотрах несовершеннолетних"») (зарегистрировано в Минюсте России 18.08.2017 № 47855) от 10.08.2017 № 514н (ред. от 19.11.2020).

[5] Приказ Минздрава России от 27.04.2021 № 404н (ред. от 01.02.2022) «Об утверждении Порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения» (зарегистрировано в Минюсте России 30.06.2021 № 64042).

[6] Приказ Минздрава России от 10.08.2017 № 514н (ред. от 19.11.2020) «О Порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних» (вместе с «Порядком заполнения учетной формы № 030-ПО/у-17 "Карта профилактического медицинского осмотра несовершеннолетнего"», «Порядком заполнения и сроки представления формы статистической отчетности № 030-ПО/о-17 "Сведения о профилактических медицинских осмотрах несовершеннолетних"») (зарегистрировано в Минюсте России 18.08.2017 № 47855).

[7] Операционный механизм первичной медико-санитарной помощи. Воплощение концепции в жизнь / Проект для рассмотрения государствами-членами на 73-й сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения. ВОЗ, 2020. С. 13.

[8] What is Population Health? [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.cdc.gov/pophealthtraining/whatis.html (дата обращения: 12.07.2022).

проходящих лечение в одном медицинском учреждении. Пациенты медицинского учреждения не относятся к одной профессиональной или возрастной группе людей, однако они все входят в сферу интересов медицинского учреждения в части улучшения их здоровья. Данный уровень учитывает здоровье населения с привязкой к конкретной территории [10], к примеру, к региону [11], муниципальному образованию. Именно характеристика отношения людей к определенной территории определяет различия между понятиями популяционное и групповое здоровье.

Уровень 4. Общественное здоровье. В результате проведенного анализа литературы было выявлено, что термин «общественное здоровье» впервые был сформулирован в 1920 г. первым председателем Департамента общественного здравоохранения Медицинской школы Йельского университета Эмори Уинслоу, заявившим, что ОЗ – это: «наука и искусство предупреждения болезней, продления жизни и укрепления физического здоровья и работоспособности посредством общественных усилий по санитарной очистке окружающей среды, борьбе с инфекциями в обществе, обучения людей принципам личной гигиены, организации медицинского и сестринского обслуживания для ранней диагностики и профилактического лечения болезней, а также развития социальных механизмов, которые обеспечат каждому человеку уровень жизни, необходимый для поддержания здоровья; организация этих благ таким образом, чтобы каждый гражданин мог реализовать данное ему от рождения право на здоровье и долголетие» [12]. Подобный подход в дальнейшем лег в основание трактовки понятия «общественное здоровье». В официальных документах Англии ОЗ рассматривалось как «наука и искусство укрепления здоровья, профилактики заболеваний и продления жизни посредством организованных усилий общества» [13]. Таким образом, ключевой целью укрепления ОЗ являлась ориентация на увеличение продолжительности жизни граждан. В 2000 г. эксперты ВОЗ стали употреблять термин «общественное здоровье» для характеристики «функций, услуг или служб по защите, охране и укреплению здоровья населения»[9].

В то же самое время в международной практике применялись другие подходы к определению ОЗ. Министерство здравоохранения и социального обеспечения Канады определяло ОЗ «в качестве ресурса, который дает людям возможность управлять своим окружением и даже изменять его» [14]. Подобная трактовка ОЗ нашла поддержку в отечественных исследованиях ОЗ. В 2010 г. академик РАН Ю.П. Лисицын писал, что «общественное здоровье нельзя просто сводить к совокупности показателей здоровья отдельных людей и даже популяции в целом. Общественное здоровье – иной уровень определения здоровья, чем уровень здоровья населения». ОЗ характеризует «важнейшие свойства, качества, аспекты общества как социального организма», «богатство общества, общественное богатство, без которого не может создаваться вся совокупность материальных и духовных ценностей»[10] [15]. Таким образом, ведущие отечественные исследователи трактовали понятие ОЗ как ресурса для развития общества.

На основании проведенного обзора определений целесообразно предложить следующую трактовку ОЗ: *Общественное здоровье – это медико-социальный ресурс и потенциал общества, обеспечивающий национальную безопасность страны, устойчивость развития общества при масштабных геополитических, техногенных и биологических вызовах.* Потенциал ОЗ учитывает, хватит ли ресурса ОЗ для противодействия возникающим вызовам и угрозам национальной безопасности страны [16]. К примеру, если возникают катастрофы (лесные пожары, пандемии) [17], то необходимо оценить, достаточно ли ресурса ОЗ для противодействия возникающим вызовам. Размер ресурса ОЗ, подходящего для противодействия угрозам, определяет его потенциал. Таким образом, *потенциал ОЗ возможно определить как часть ОЗ, доступную для противодействия существующим угрозам и вызовам национальной безопасности страны.*

ОЗ как ресурс и потенциал общества определяет возможность достижения стратегических ориентиров устойчивого развития и национальной безопасности страны. С позиций данной методологии важность изучения ОЗ определяется необходимостью изучения методических подходов к оценке его состояния посредством комплекса показателей.

Показатели, характеризующие общественное здоровье

Существуют различные подходы к оценке состояния ОЗ (табл. 2). Данные подходы представляют интерес с позиции оригинальных методик расчета ОЗ. Вместе с тем, хотя исследования нацелены на получение интегральной характеристики ОЗ, по своей сути в результате получается дополнительная оценка популяционного здоровья населения, т. е. третьего уровня здоровья. Последнее связано с тем, что происходит оценка именно «населения», а не всего «общества» в целом.

Получается, что проблема определения исчерпывающего перечня показателей, позволяющих комплексно оценить ОЗ, является достаточно актуальной. На данный момент большинство исследователей ОЗ, по сути, учитывают лишь биологическую детерминанту снижения ОЗ, а не саму характеристику ОЗ. К примеру, показатель «детская смертность» достаточно часто применяется для оценки ОЗ. Вместе с тем «детская смертность» может также выступать детерминантой снижения ОЗ как медико-социального ресурса и потенциала общества, критерий «удельный вес затрат на здравоохранение по отношению к ВНП» принадлежит к «экономической детерминанте» и т. д. Таким образом, для оценки показателя ОЗ необходимо провести различия между показателями, оценивающими ОЗ и показателями, характеризующие детерминанты ОЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо четко разграничить ОЗ от трех других уровней здоровья. ОЗ является характеристикой общества, а не населения. В свою очередь, общество необходимо рассматривать в качестве социального организма [18, 19], представляющего целостную систему [20–22]. В конечном счете необходимо отметить возможность применения социологических показателей для оценки состояния ОЗ [23]. Использование одновременно статистических

[9] The World Health Report 2000: Health Systems: Improving Performance. Geneva: WHO; 2000.
[10] Лисицын Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение: учеб. / Ю.П. Лисицын. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 512 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 2. **Систематизация исследований по оценке состояния ОЗ**
Table 2. **Systematization of studies on public health assessment**

Наименование исследования / Study	Характеристика / Description
И.Л. Макарова / Makarova (2013) [24]	Оценку ОЗ предлагается осуществлять на основе трех интегральных показателей ОЗ. Для этого используется: – обобщенный медико-демографический показатель, учитывающий заболеваемость населения, показатели психического благополучия и т. д., – обобщенный показатель обеспеченности здравоохранения, учитывающий кадровую обеспеченность системы здравоохранения, доступность медицинской помощи и санаторно-курортного лечения и т. д., – обобщенный показатель окружающей среды, включающий в себя экологическое благополучие территории, уровень образования и т. д. / The author proposes to assess public health based on its three integral indicators as follows: – a generalized medical and demographic indicator that includes population morbidity, mental well-being indicators, etc., – a generalized indicator of health care provision that includes staffing of the health care system, accessibility of medical care and sanatorium and spa treatment, etc., and – a generalized indicator of the environment that includes environmental safety of the territory, the level of education, etc.
Б.Ф. Кирьянов / Kiryanov (2008) [25]	Исследование раскрывает линейную модель интегрального показателя ОЗ, основанную на пяти показателях (общие коэффициенты рождаемости и смертности, первичная инвалидность и т. д.) / The study reveals a linear model of the integral index of public health based on five indicators (birth and death rates, primary disability, etc.)
Д.Ф. Тимофеев и др. / Timofeev et al. (2020) [26]	В исследовании предложен расчет интегральных индексов по показателям ОЗ (медико-демографические, заболеваемость) и ресурсной обеспеченности здравоохранения (обеспеченность медицинскими кадрами, круглосуточными больничными койками и амбулаторно-поликлиническими учреждениями) / The authors propose estimation of integral indices based on indicators of public health (medical and demographic; morbidity) and the health care resource provision (sufficiency of medical personnel, 24-hour hospital beds, outpatient departments)
Э.Р. Валеев и А.В. Камашева / Valeev and Kamasheva (2016) [27]	Для измерения ОЗ предлагаются использовать: 1) демографические показатели; 2) показатели заболеваемости и распространенности болезней; 3) показатели инвалидности и инвалидизации; 4) показатели физического развития населения: антропометрические / The author propose to measure public health using 1) demographic indicators; 2) incidence and prevalence rates; 3) disability rates, and 4) anthropometric indicators
И.А. Гундаров / Gundarov (2010) [28]	В исследовании предлагается комплексный показатель из данных, доступных на сайте Росстата: «продолжительность жизни», «суммарная рождаемость», «браки», «разводы», «убийства», «самоубийства» и «несчастные случаи» / The author proposes a combined indicator based on data available on the Rosstat website, such as “life expectancy”, “cumulative fertility rate”, “marriage”, “divorce”, “murder”, “suicide”, and “accidents”

и социологических показателей позволит получить комплексную информацию о состоянии ОЗ в различных регионах. Агрегация показателей может осуществляться посредством расчета единого индекса состояния ОЗ[11].

Вместе с тем после определения значения индекса ОЗ необходимо определить диапазон целевых значений показателя ОЗ. Для этого целесообразно сформулировать подход к установлению целевых и критических значений показателей ОЗ.

Определение целевого и критического значения показателей общественного здоровья

Мониторинг ОЗ предполагает установление целевых и критических значений показателей состояния ОЗ. В системе стратегического планирования целевые значения показателей определяют степень достижения стратегического ориентира [29]. В свою очередь, критические значения показателей служат для выявления фактов нарушения требований национальной безопасности [30]. ОЗ как ресурс является достаточно прогнозируемым показателем с учетом существующих трендов развития, что предполагает ограниченную степень его волатильности. С учетом существенного влияния трендовой составляющей возможно определять нестандартные отклонения в динамике персистентного показателя. Ряд исследователей отмечают наличие таких свойств и для высоковолатильных показателей [31].

Вместе с тем потенциал ОЗ будет изменяться в каждый момент времени в зависимости от существующих вызовов и угроз. Последнее связано с тем, что размер ОЗ является менее волатильным показателем, однако вызовы и угрозы изменяются регулярно. В частности, последним наиболее значимым и труднопрогнозируемым вызовом для всего мира является пандемия COVID-19 [32]. Таким образом, возможно определить доверительный интервал для характеристики потенциала ОЗ, отражающий диапазон значений с учетом существующих вызовов. Классификация вызовов в зависимости от вероятности наступления и тяжести последствий позволит определить диапазон существующих значений потенциала ОЗ. Достижение стратегических ориентиров будет предполагать увеличение потенциала ОЗ выше максимального значения доверительного интервала для существующего потенциала ОЗ (рис. 2).

Таким образом, возможно выделить три основные зоны, в которые может попасть значение показателя ОЗ.

Зона 1. Значение показателя ОЗ выше верхнего значения доверительного интервала. Достижение данного значения увеличивает существующий потенциал ОЗ. Значения в зоне 1 должны рассматриваться в качестве стратегических ориентиров устойчивого развития.

Зона 2. Значение показателя ОЗ находится в зоне доверительного интервала ОЗ. Ресурса ОЗ достаточно для противодействия существующим вызовам и угрозам национальной безопасности. Вместе с тем инструменты планирования, нацеленные на повышение потенциала общественного здоровья, нуждаются в дополнительном улучшении.

[11] The Urban Health Index, World Health Organization, 2014.

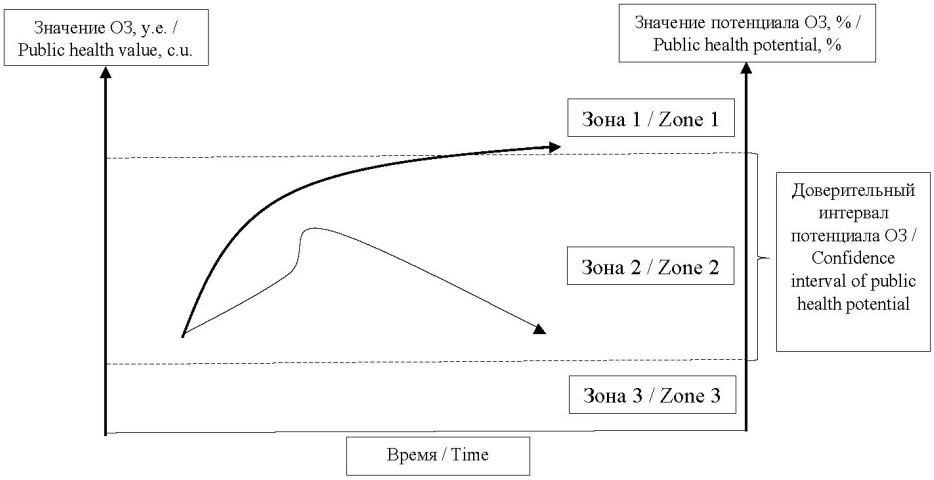

Рис. 2. Подход к установлению критических и индикативных значений показателей общественного здоровья
Fig. 2. The approach to establishing critical and indicative values of public health parameters

Зона 3. Значение показателя ОЗ находится ниже нижней границы доверительного интервала ОЗ. В данной зоне возможно говорить об отсутствии потенциала общества для противодействия существующим вызовам и угрозам. Попадание в данную зону угрожает интересам национальной безопасности, что определяет необходимость принятия срочных мер по повышению ОЗ.

С учетом того что ОЗ является ресурсом, то показатель, его измеряющий, будет иметь трендовую составляющую. Соответственно значения потенциала ОЗ будут изменяться в зависимости от различных периодов времени. Подход к установлению критических и индикативных значений требует дополнительного изучения.

Обсуждение. Предыдущий анализ продемонстрировал важность изучения ОЗ, однако управление ОЗ предполагает решение ряда ключевых вопросов, связанных с организацией мониторинга ОЗ. Подобные вопросы предполагают изучение следующих ключевых аспектов: определение детерминант и факторов ОЗ, определение роли временных периодов в классификации детерминант ОЗ, определение периодичности организации мониторинга ОЗ, выделение инструментов, позволяющих обеспечить повышение потенциала ОЗ.

Определение детерминант ОЗ. Детерминанта является явлением, которое влияет на событие. Само по себе такое влияние может быть положительным и отрицательным. Если детерминанта является отрицательно влияющей, то тогда детерминанта является фактором рискам ОЗ. Соответственно, если детерминанта является положительной, то она классифицируется в качестве положительного фактора (фактор здоровья). При этом в литературе применяются различные классификации детерминант ОЗ. К ключевым группам факторов возможно отнести: состояние здоровья, немедицинские детерминанты здоровья [33], эффективность системы здравоохранения, общество и характеристики системы здравоохранения, социально-демографические и поведенческие факторы и т. д.[12] К примеру, определение доминирующих типов поведения субъектов позволяет предсказывать их действия, в том числе, в сфере поддержания своего здоровья [3]. Таким образом, при управлении ОЗ необходимо учитывать как влияние детерминант на ОЗ, так и уровень взаимосвязи между детерминантами. Значимость указанных детерминант для ОЗ различается в зависимости от рассматриваемого стандарта, однако особый акцент делается на эффективности системы здравоохранения, ее состоянии[13]. Значимость детерминант также зависит от страны, в которой проводятся исследования, а также от модели проведения исследования и выбранных показателей [34].

Определение роли временных периодов в классификации детерминант ОЗ. Детерминанты ОЗ могут изменять свое влияние в зависимости от временных периодов. К примеру, в период инфекционных заболеваний рост количества контактов людей является фактором риска ОЗ [28]. В свою очередь, в период депрессивных настроений увеличение количества взаимодействий может рассматриваться в качестве положительного фактора. Данные аспекты необходимо учитывать при оценке состояния ОЗ.

Определение периодичности организации мониторинга ОЗ. Показатели, продемонстрированные в рамках данного исследования, собираются в основном на ежегодной основе. При этом перед государственными органами, ответственными за улучшение состояния ОЗ, встает задача оперативного мониторинга ОЗ [35]. Последнее связано с возможностью возникновения катастроф, вызовов, способных существенно повлиять на потенциал ОЗ общества. Для выявления угроз непрерывности поддержания требуемого уровня ОЗ возможно использовать не только ежегодные показатели, характеризующие состояние ОЗ, но и использовать оперативные показатели. Оперативные показатели ОЗ не позволят полностью охарактеризовать состояние ОЗ, однако дадут возможность на ранней стадии определить проблемы в обеспечении ОЗ общества [36, 37].

Выделение инструментов, позволяющих обеспечить повышение потенциала ОЗ. В конечном счете необходимо разработать классификатор инструментов, которые должны применяться для обеспечения требуемого уровня ОЗ. Инструменты

[12] ГОСТ Р ИСО/ТС 21667-2009 «Концептуальная модель показателей состояния здоровья».
[13] Методические указания к разработке государственных планов развития народного хозяйства СССР, Госплан СССР. Москва: Издательство «Экономика», 1974.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-7-15
Оригинальная исследовательская статья

должны различаться в зависимости от периодичности реализации, а также ожидаемого эффекта.

Заключение. Исследование демонстрирует решающую роль ОЗ в обеспечении национальной безопасности государства. ОЗ необходимо рассматривать в качестве медико-социального ресурса общества. Ключевой целью стратегического планирования выступает обеспечение достаточности потенциала ОЗ для противодействия существующим вызовам и угрозам. Обеспечение национальной безопасности государства требует реализации комплексного мониторинга состояния ОЗ. Построение указанной системы определяет необходимость проработки следующих ключевых аспектов:

1) необходимо разработать методический подход к проведению мониторинга состояния ОЗ;

2) требуется определить детерминанты ОЗ;

3) на основе детерминант ОЗ необходимо определить факторы риска ОЗ, изменяющиеся в зависимости от конкретного периода времени.

После реализации всех вышеописанных этапов требуется провести практическую апробацию предлагаемого подхода по оценке ОЗ в Российской Федерации. Впоследствии необходимо разработать классификатор инструментов, направленных на повышение потенциала ОЗ, с целью противодействия угрозам национальной безопасности. Построение интегральной оценки ОЗ позволило бы уточнить детерминанты ОЗ, причины ухудшения ОЗ, провести стандартизацию подходов к оценке ОЗ, разработать классификатор профилей рисков ОЗ. Все указанные аспекты являются предметами дальнейших исследований.

Список литературы

1. Римашевская Н.М., Русанова Н.Е. О новых критериях оценки здоровья населения России: проблемы и подходы // Вопросы статистики. 2014. № 2. С. 17–21.
2. Bhat R, Jain N. Analysis of public and private healthcare expenditures. *Econ Polit Wkly*. 2006;41(1):57–68. doi: 10.2307/4417643
3. Масленников В.В., Ларионов А.В., Гагарина М.А. Факторы формирования типов финансового поведения экономических субъектов // Финансы: теория и практика. 2022. Т. 26. № 2. С. 88–103. doi: 10.26794/2587-5671-2022-26-2-88-103
4. Тагаева Т.О., Казанцева Л.К. Общественное здоровье и реформа здравоохранения в России // Мир новой экономики. 2019. Т. 13. № 4. С. 126–134. doi: 10.26794/2220-6469-2019-13-4-126-134
5. Сухинин М.В. Распределение детей по группам здоровья по результатам профилактических осмотров // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 36–38.
6. Русинова Н.Л., Панова Л.В. Социальные и экономические факторы индивидуального здоровья в современной России: многоуровневый анализ // Петербургская социология сегодня. 2010. № 1. С. 152–178.
7. Аксенова Е.И., Гречушкина Н.А., Каменева Т.Н., Камынина Н.Н. Общественное здоровье: эволюция понятия в стратегических документах охраны здоровья и развития здравоохранения в странах мира. М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ». 2021. 42 с.
8. Цибульникова В.Е. Здоровьеформирующая и здоровьесберегающая среда как компонент образовательной среды школы // Наука и школа. 2018. № 1. С. 156–165.
9. Coyte PC, Evans RG, Barer M, Marmor TR. Why are some people healthy and others not? The determinants of health of populations. *Can J Econ*. 1995;28(4a):982–984. doi: 10.2307/135945
10. Мешков Н.А., Бобровницкий И.П., Юдин С.М., Сковронская С.А., Вальцева Е.А. Актуальные проблемы эпидемиолого-гигиенической оценки состояния окружающей среды и здоровья населения на территории Арктической зоны России // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2019. № 2. С. 40–73.
11. Халитова Л.Р. Анализ состояния здоровья населения Республики Башкортостан // Наука и практика регионов. 2019. № 3 (16). С. 66–71.
12. Winslow CE. The untilled fields of public health. *Science*. 1920;51(1306):23-33. doi: 10.1126/science.51.1306.23
13. Great Britain. Committee of Inquiry into the Future Development of the Public Health Function. *Public Health in England: The Report of the Committee of Inquiry into the Future Development of the Public Health Function*. London: H.M. Stationery Office; 1988.
14. Epp J. Achieving health for all. A framework for health promotion. *Health Promot*. 1986;1(4):419-428. doi: 10.1093/heapro/1.4.419
15. Кучма В.Р. Медико-профилактические основы здоровьесбережения обучающихся в десятилетие детства в России (2018–2027 гг.) // Российский педиатрический журнал. 2018. Т. 21. № 1. С. 31–37. doi: 10.18821/1560-9561-2018-21-1-31-37
16. Мишон Е.В., Иванова И.Г. Общественное здоровье населения как стратегический ресурс развития региона // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2010. № 11. С. 28–31.
17. Коданева С.И. Потенциал борьбы с COVID-19 различных моделей государственного управления // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 4: Государство и право. 2022. № 1. С. 19–35. doi: 10.31249/rgpravo/2022.01.02
18. Комиссаров И.И. Общество-механизм и общество-организм как модели социально-философских исследований // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2018. № 3-2. С. 81–91.
19. Коломийцев В.Ф. Социология Герберта Спенсера // Социологические исследования. 2004. № 1 (237). С. 37–43.
20. Шкаратан О.И. Общество как социальная система // Социологический журнал. 2011. № 4. С. 116–143.
21. Кравченко С.А. Развитие предмета социологии: от монодисциплинарности к меж- и постдисциплинарности // Социологические исследования. 2020. № 3. С. 16–26.
22. Мертон Р.К. Социальная теория и социальная структура [пер. с англ. Е.Н. Егоровой и др.]. Москва: АСТ : Хранитель, 2006 (Н. Новгород: Нижполиграф). 873 с.
23. Лебедев М.В., Керимова К.И., Захарова И.Ю. Значение социально-гигиенических методов исследования в диссертационной работе по специальности «общественное здоровье и здравоохранение» // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23. № 6. С. 193–199. doi: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-6-193-199
24. Макарова И.Л. Методический подход к построению интегральной оценки здоровья населения // Сибирская финансовая школа. 2013. № 4 (99). С. 39–42.
25. Кирьянов Б.Ф. Математические модели интегрального показателя здоровья населения // Фундаментальные исследования. 2008. № 9. С. 106–107.
26. Тимофеев Л.Ф., Петрова П.Г., Борисова Н.В., Туркебаева Л.К., Тимофеев А.Л. Интегральный анализ показателей общественного здоровья и ресурсной обеспеченности здравоохранения по экономическим зонам Республики Саха (Якутия) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. 2020. № 2 (19). С. 60–67. doi: 10.25587/SVFU.2020.19.2.006
27. Валеев Э.Р., Камашева А.В. Показатели измеримости общественного и индивидуального здоровья // Вопросы экономики и права. 2016. № 102. С. 69–73.
28. Гундаров И.А. Методология оценки общественного здоровья // Медицинская статистика и оргметодработа в учреждениях здравоохранения. 2010. № 7. С. 3.
29. Беляев И.И., Ларионов А.В., Сильвестров С.Н. Оценка состояния экономической безопасности России на примере показателя уровня безработицы: метод фрактального анализа // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2(185). С. 34–42. doi: 10.47711/0868-6351-185-34-42
30. Ларионов А.В., Русских С.В., Масленников С.В. Развитие системы государственного финансирования обязательного медицинского страхования // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2021. № 4. С. 480–492. doi: 10.17749/20704909/farmakoekonomika.2021.097
31. Коссов В.В. Цена спроса на нефть-среднесрочный прогноз // Проблемы прогнозирования. 2016. № 6 (159). С. 65–75.
32. Портанский А.П., Судакова Ю.М., Ларионов А.В. Предпосылки мирового экономического кризиса и его начало весной 2020 г. в связи с пандемией COVID-19 // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2020. Т. 15. № 2. С. 191–212. doi: 10.17323/1996-7845-2020-02-09
33. Паутов И.С. Риски ухудшения здоровья и их социальные детерминанты // Вестник Санкт-Петербургского

университета. Серия 12. Психология. Социология. Педагогика. 2009. № 2-1. С. 151–158.
34. Чистобаев А.И. Семенова З.А. Индивидуальное и общественное здоровье как категория медицинской географии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2011. № 3. С. 83–91.
35. Хулхачиев О.Б. Необходимость разработки информационно-аналитической системы мониторинга социально обусловленных заболеваний // Социальные аспекты здоровья населения. 2011. № 3 (19). С. 23.
36. Кучерявая Д.А., Стерликов С.А., Русакова Л.И., Сон И.М., Пономарёв С.Б. Влияние пандемии COVID-19 на систему оказания противотуберкулёзной помощи населению по состоянию на май 2020 года: данные оперативного мониторинга // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020. № 3. С. 312–327. doi: 10.24411/2312-2935-2020-00074
37. Козерод С.Ю. Большие данные как инструмент предиктивной медицины // Статистика здравоохранения нового времени: Материалы Второго съезда медицинских статистиков Москвы, Москва, 08–09 октября 2020 года. Москва: Государственное бюджетное учреждение города Москвы «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы». 2020. С. 33.

References

1. Rimashevskaya NM, Rusanova NE. On the new evaluation criteria of health of the Russian population: problems and approaches. *Voprosy Statistiki*. 2014;(2):17-21. (In Russ.) doi: 10.34023/2313-6383-2014-0-2-17-21
2. Bhat R, Jain N. Analysis of public and private healthcare expenditures. *Econ Polit Wkly*. 2006;41(1):57–68. doi: 10.2307/4417643
3. Maslennikov VV, Larionov AV, Gagarina MA. Factors of formation of financial behavior types of economic entities. *Finansy: Teoriya i Praktika*. 2022;26(2):88-103. (In Russ.) doi: 10.26794/2587-5671-2022-26-2-88-103
4. Tagaeva TO, Kazantseva LK. Public health and healthcare reform in Russia. *Mir Novoy Ekonomiki*. 2019;13(4):126-134. (In Russ.) doi: 10.26794/2220-6469-2019-13-4-126-134
5. Sukhinin MV. Distribution of children in groups of health according to the results of preventive examinations. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(4(253)):36-38. (In Russ.)
6. Rusinova NL, Panova LV. Social and economic factors of individual health in modern Russia: A multilevel analysis. *Peterburgskaya Sotsiologiya Segodnya*. 2010;1:152-178. (In Russ.)
7. Aksenova EI, Grechushkina NA, Kameneva TN, Kamynina NN. [*Public Health: The Evolution of the Concept in Strategic Documents on Health Protection and Healthcare Development around the World*.] Moscow: NIIOZMM DZM Publ.; 2021. (In Russ.)
8. Tsibulnikova VE. Health-forming and health-saving environment as a component of the school educational space. *Nauka i Shkola*. 2018;(1):156-165. (In Russ.)
9. Coyte PC, Evans RG, Barer M, Marmor TR. Why are some people healthy and others not? The determinants of health of populations. *Can J Econ*. 1995;28(4a):982–984. doi: 10.2307/135945
10. Meshkov NA, Bobrovnitskii IP, Yudin SM, Skovronskaya SA, Valtseva EA. Critical issues concerning epidemiological and environmental health assessment of the environment and public health in the Russian Arctic. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;(2):40-73. (In Russ.)
11. Khalitova LR. Health condition analysis of the population of the Republic of Bashkortostan. *Nauka i Praktika Regionov*. 2019;(3(16)):66-71. (In Russ.)
12. Winslow CE. The untilled fields of public health. *Science*. 1920;51(1306):23-33. doi: 10.1126/science.51.1306.23
13. Great Britain. Committee of Inquiry into the Future Development of the Public Health Function. Public Health in England: The Report of the Committee of Inquiry into the Future Development of the Public Health Function. London: H.M. Stationery Office; 1988.
14. Epp J. Achieving health for all. A framework for health promotion. *Health Promot*. 1986;1(4):419-428. doi: 10.1093/heapro/1.4.419
15. Kuchma VR. Medically-preventive foundations of health safety of pupils over the decade of childhood in Russia (2018–2027). *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal*. 2018;21(1):31-37. (In Russ.) doi: 10.18821/1560-9561-2018-21-1-31-37
16. Mishon EV, Ivanova IG. [Public health as a strategic resource for the development of the region.] *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya*. 2010;(11):28-31. (In Russ.)
17. Kodaneva SI. The potential of combating COVID-19 different models of public administration. *Sotsial'nye i Gumanitarnye Nauki. Otechestvennaya i Zarubezhnaya Literatura. Seriya 4: Gosudarstvo i Pravo*. 2022;(1):19-35. (In Russ.) doi: 10.31249/rgpravo/2022.01.02
18. Komissarov II. [Society-mechanism and society-organism as models of socio-philosophical research.] *Vestnik Leningradskogo Gosudarstvennogo Universiteta im. A.S. Pushkina*. 2018;(3-2):81-91. (In Russ.)
19. Kolomyitsev VF. Herbert Spencer's sociology. *Sotsiologicheskie Issledovaniya*. 2004;(1(237)):37-43. (In Russ.)
20. Shkaratan OI. [Society as a social system]. *Sotsiologicheskiy Zhurnal*. 2011;(4):116-143. (In Russ.)
21. Kravchenko SA. Development of the subject of sociology: From monodisciplinarity to inter- and postdisciplinarity. *Sotsiologicheskie Issledovaniya*. 2020;(3):16-26. (In Russ.) doi: 10.31857/S013216250008794-6
22. Merton RK. *Social Theory and Social Structure*. (transl. from English by Egorova EN, *et al*.). Moscow: AST: Khranitel' Publ.; 2006. (In Russ.)
23. Lebedev MV, Kerimova KI, Zakharova IYu. The importance of social and hygienic research methods in the dissertation work on the specialty "Public Health and Healthcare". *Mediko-Farmatsevticheskiy Zhurnal Pul's*. 2021;23(6):193-199. (In Russ.) doi: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-6-193-199
24. Makarova IL. Methodological approach to integral estimation of public health. *Sibirskaya Finansovaya Shkola*. 2013;(4(99)):39-42. (In Russ.)
25. Kir'yanov BF. [Mathematical models of the integral indicator of population health.] *Fundamental'nye Issledovaniya*. 2008;(9):106-107. (In Russ.)
26. Timofeev LF, Petrova PG, Borisova NV, Turkebaeva LK, Timofeev AL. Integral analysis of public health and resource provision of healthcare in the economic zones of the Sakha Republic (Yakutia). *Vestnik Severo-Vostochnogo Federal'nogo Universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya: Meditsinskie Nauki*. 2020;(2(19)):60-67. (In Russ.) doi: 10.25587/SVFU.2020.19.2.006
27. Valeev ER, Kamasheva AV. Performance measurability of public and individual health. *Voprosy Ekonomiki i Prava*. 2016;(102):69-73. (In Russ.)
28. Gundarov IA. [Methodology of public health assessment.] *Meditsinskaya Statistika i Orgmetodrabota v Uchrezhdeniyakh Zdravookhraneniya*. 2010;(7):3. (In Russ.)
29. Belyaev II, Larionov AV, Sil'vestrov SN. Assessment of the state of economic security in Russia using the example of the unemployment rate indicator: Fractal analysis method. *Studies on Russian Economic Development*. 2021;32(2):141-146. doi: 10.1134/S1075700721020027
30. Larionov AV, Russkikh SV, Maslennikov SV. Development of the system of state financing of compulsory health insurance. *Farmakoekonomika. Sovremennaya Farmakoekonomika i Farmakoepidemiologiya*. 2021;14(4):480-492. (In Russ.) doi: 10.17749/2070-4909/farmakoekonomika.2021.097
31. Kossov VV. [Oil demand price – a medium-term forecast.] *Problemy Prognozirovaniya*. 2016;(6(159)):65-75. (In Russ.)
32. Portanskiy AP, Sudakova YuM, Larionov AV. Assumptions of the global economic crisis and its inception in the spring of 2020 due to the COVID-19 pandemic. *Vestnik Mezhdunarodnykh Organizatsiy: Obrazovanie, Nauka, Novaya Ekonomika*. 2020;15(2):191-212. (In Russ.) doi: 10.17323/1996-7845-2020-02-09
33. Pautov IS. Risks of health deterioration and their social determinants. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 12. Psikhologiya. Sotsiologiya. Pedagogika*. 2009;(2-1):151-158. (In Russ.)
34. Chistobaev AI, Semenova ZA. Individual and public health as a category of medical geography. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya*. 2011;(3):83-91. (In Russ.)
35. Khulkhachiev OB. Epidemiological monitoring for socially conditioned diseases requires development of adequate information analysis. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2011;(3(19)):23. (In Russ.)
36. Kucherjavaja DA, Sterlikov SA, Rusakova LI, Son IM, Ponomarev SB. Impact of pandemic COVID-19 anti-tuberculosis for in May of 2020: Follow-up observations. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2020;(3):312-327. (In Russ.) doi: 10.24411/2312-2935-2020-00074
37. Kozerod SYu. [Big data as a tool of predictive medicine.] In: *Health Statistics of New Times: Proceedings of the Second Congress of Medical Statisticians of Moscow, Moscow, October 8-9, 2020*. Moscow: Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management of the Department of Health of the City of Moscow Publ.; 2020:33. (In Russ.)

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23
Оригинальная исследовательская статья

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.2

Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников Курской атомной электростанции как элемент концепции цифрового двойника производственной медицины

О.А. Тихонова[1], А.Ю. Бушманов[1], Н.И. Гришакина[2], В.В. Деньгин[3], С.А. Афонин[1]

[1] ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, ул. Живописная, д. 46, г. Москва, 123098, Российская Федерация

[2] ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, г. Великий Новгород, 173003, Российская Федерация

[3] Индивидуальный предприниматель Деньгин Виталий Владимирович, медицинский переводчик, dengin.business.site, ул. Спортивная, 15–122, 108851, г/о Щербинка, Москва, Российская Федерация

Резюме

Введение. Многофакторный анализ причин заболеваемости и профилактических мероприятий предоставляет возможность построить прогностическую модель рисков потери трудоспособности среди работающего населения, тем самым снизить издержки производства и здравоохранения.

Цель: ретроспективный анализ уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) работников Курской атомной электростанции (КуАЭС) за 2020 г., подвергающихся воздействию комплекса вредных производственных факторов.

Материалы и методы. В работе использована форма статистического наблюдения № 16-ВН, проанализирована структура болезней с учетом номенклатуры МКБ-10, определены относительные показатели, не зависящие от численности изучаемых групп: кратность нетрудоспособности (количество случаев нетрудоспособности, приходящееся на 1 работника, имевшего нетрудоспособность).

Результаты. Наибольшее количество случаев ЗВУТ на 100 работающих выявлено в следующих подразделениях КуАЭС: учебно-тренировочный центр – 73,1; конструкторско-технологический отдел – 73,1; гидроцех – 68,6; транспортный цех – 65,5. В то же время среди работников цеха обработки радиационных отходов, реакторных цехов № 1 и 2 количество ЗВУТ на 100 работающих составило 53, 43,9 и 33,9 случая соответственно. Средняя длительность случая нетрудоспособности по всем подразделениям КуАЭС составила 13–15,4 дня. ЗВУТ у работников КуАЭС чаще всего вызывали болезни органов дыхания, костно-мышечные заболевания, травмы и отравления, что соответствует структуре ЗВУТ в Курской области и РФ в целом.

Ограничения исследования. Вследствие особенностей формы сбора данных не удалось получить информацию по генеральной совокупности случаев и дней временной нетрудоспособности.

Выводы. Необходимо развивать в медицине труда риск-ориентированный подход. Для выявления причинно-следственных связей в случаях утраты здоровья работниками атомной промышленности предлагается создать цифровую платформу (цифровой двойник работника), позволяющую прогнозировать время, причину, риск временной/постоянной утраты трудоспособности, а также условия ее снижения.

Ключевые слова: риск-ориентированная модель, временная нетрудоспособность, трудовое долголетие, цифровой двойник.

Для цитирования: Тихонова О.А., Бушманов А.Ю., Гришакина Н.И., Деньгин В.В., Афонин С.А. Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников Курской атомной электростанции как элемент концепции цифрового двойника производственной медицины // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 16–23. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23

Сведения об авторах:

✉ **Тихонова** Ольга Александровна – заведующая лабораторией мультидисциплинарных клинических исследований Клинического отдела радиационной медицины ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, кандидат медицинских наук; e-mail: ttx_2001@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2255-4667.

Бушманов Андрей Юрьевич – первый заместитель генерального директора, доктор медицинских наук, профессор ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: radclin@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1565-4560.

Гришакина Надежда Ивановна – доцент кафедры digital economy and management ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»; e-mail: gnisemm@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1693-8840.

Деньгин Виталий Владимирович – индивидуальный предприниматель, магистр лингвистики и межкультурной коммуникации; e-mail: vdengin@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9352-9362.

Афонин Сергей Александрович – ассистент кафедры медицины труда, гигиены и профпатологии ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: sergey975@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7636-0246.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Бушманов А.Ю.*; сбор данных, анализ и интерпретация результатов: *Тихонова О.А., Афонин С.А.*; обзор литературы: *Деньгин В.В.*; подготовка проекта рукописи: *Гришакина Н.И.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: одобрение этического комитета не требовалось.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Благодарности: авторы благодарят Безгодову Любовь Михайловну (Курская область, г. Курчатов, Коммунистический пр., д. 38, ФГБУЗ «Медико-санитарная часть № 125 Федерального медико-биологического агентства») за содействие в получении данных и консультативную поддержку.

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

Статья получена: 06.10.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Sickness Absence in the Kursk Nuclear Power Plant Workers as an Element of the Digital Twin Concept in Occupational Medicine

Olga A. Tikhonova,[1] Andrey Yu. Bushmanov,[1] Nadezhda I. Grishakina,[2] Vitaly V. Dengin,[3] Sergey A. Afonin[1]

[1] Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, 46 Zhivopisnaya Street, Moscow, 123098, Russian Federation

[2] Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 41 Bolshaya Sankt-Peterburgskaya Street, Veliky Novgorod, 173003, Russian Federation

[3] Individual entrepreneur Vitaly V. Dengin, medical translator, dengin.business.site, Apt. 122, 15 Sportivnaya Street, Shcherbinka, Moscow, 108851, Russian Federation

Summary

Introduction: A multifactorial analysis of the causes of morbidity and preventive measures provides an opportunity to build a risk prediction model for sickness absence in the working population, thereby reducing production and healthcare costs.

Objective: A retrospective analysis of sickness absence in workers of the Kursk Nuclear Power Plant exposed to a combination of occupational risk factors in the year 2020.

Materials and methods: We analyzed sickness absence rates in the workers in terms of the ICD-10 nomenclature based on data of the Russian Statistical Observation Form No. 16-VN and established the number of episodes of sickness absence per employee as a relative indicator independent of the size of the groups under study.

Results: The highest sickness absence rates per 100 employees were estimated for workers of the Training Center and Design and Technology Department (73.1 episodes each), the Hydroshop (68.6) and Transportation Department (65.5). In the Radioactive Waste Treatment Shop and the first and second Reactor Shops, these rates were 53, 43.9, and 33.9 per 100 employees, respectively. The mean duration of an episode of sickness absence in all divisions of the nuclear power plant was 13–15.4 days and its most frequent causes were, similar to the Kursk Region and the Russian Federation as a whole, diseases of the respiratory and musculoskeletal systems, injuries and poisonings.

Study limitations: Due to the specifics of the data collection form used, we had no information about the whole aggregate of episodes and days of sickness absence.

Conclusions: It is important to develop a risk-based approach in occupational medicine. To establish a cause-and-effect relationship for loss of health among nuclear industry workers, we propose to create a digital platform (a digital twin of an employee) enabling prediction of the time, cause, risk of a disease and/or disability, and prerequisites for its mitigation.

Keywords: risk-based model, sickness absence, professional longevity, digital twin.

For citation: Tikhonova OA, Bushmanov AYu, Grishakina NI, Dengin VV, Afonin SA. Sickness absence in the Kursk Nuclear Power Plant workers as an element of the digital twin concept in occupational medicine. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):16–23. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23

Author information:

✉ Olga A. **Tikhonova**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Multidisciplinary Clinical Research, Clinical Department of Radiation Medicine, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center; e-mail: ttx_2001@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2255-4667.

Andrey Yu. **Bushmanov**, Dr. Sci. (Med.), Prof., First Deputy Director-General, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center; e-mail: radclin@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1565-4560.

Nadezhda I. **Grishakina**, Assoc. Prof., Department of Digital Economics and Management, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; e-mail: gnisemm@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1693-8840.

Vitaly V. **Dengin**, Master of Linguistics and Intercultural Communication, individual entrepreneur; e-mail: vdengin@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9352-9362.

Sergey A. **Afonin**, Assistant, Department of Occupational Medicine, Health and Occupational Diseases Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center; e-mail: sergey975@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7636-0246.

Author contributions: study conception and design: *Bushmanov A.Yu.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Tikhonova O.A., Afonin S.A.*; literature review: *Dengin V.V.*; draft manuscript preparation: *Grishakina N.I.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

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

Acknowledgement: The authors would like to express their deepest gratitude to Lubov M. Bezgodova (Medical Unit No. 125 of the Federal Biomedical Agency, 38 Kommunisticheskiy Blvd, Kurchatov, Kursk Region) for assistance in data acquisition and valuable advisory support.

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

Received: October 6, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. В условиях дефицита трудовых ресурсов особенно значимо укрепление и сохранение здоровья экономически активного населения России [1]. Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью снижения общей и первичной заболеваемости у лиц трудоспособного возраста в Российской Федерации, так как заболеваемость не только снижает уровень здоровья, но и «наносит большой экономический ущерб, который складывается из затрат на оказание амбулаторной и стационарной помощи, санаторно-курортного лечения, выплаты пособий по нетрудоспособности и сокращения объема производства из-за невыхода на работу» [2].

В российском законодательстве нетрудоспособностью называют состояние, обусловленное болезнью, травмой, ее последствиями или другими причинами, когда выполнение профессиональных обязанностей невозможно полностью или частично в течение ограниченного времени или постоянно [3]. Случаи временной нетрудоспособности регистрируют по форме статистического наблюдения № 16-ВН «Сведения о причинах временной нетрудоспособности», утвержденной приказом Федеральной службы государственной статистики от декабря 2014 года № 723[1].

Длительность временной нетрудоспособности зависит от характера течения заболеваний, безопасности рабочих мест, социальных условий, профессиональных требований и других причин. В странах с федеративным устройством параллельно с развитием и трансформацией экономики приходят к осознанию необходимости методического содействия работодателям в создании здоровых рабочих мест и обеспечении общего благополучия работающего населения [4].

Многофакторный анализ причин заболеваемости, профилактических мероприятий, вредных для здоровья факторов, в том числе производственных, позволяет построить прогностическую модель рисков потери трудоспособности у работающего населения. Аналогичная идея реализована в методологической платформе по оценке и управлению профессиональным риском у работников горнорудной и угольной промышленности, заводов черной металлургии и получения алюминия. Комплексный анализ изменения биомаркеров экспозиции и эффекта в условиях профессионального воздействия ртути на организм работника позволил выделить группы повышенного риска развития нарушения

[1] Приказ Федеральной службы государственной статистики от 25 декабря 2014 г. № 723 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/70839162/(дата обращения: 12.09.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23
Оригинальная исследовательская статья

здоровья. Кроме того, доказано, что постоянное воздействие высоких уровней вредных факторов (вибрации, тяжести труда, напряженности трудового процесса) способствует повышению риска развития и распространенности болезней системы кровообращения и заболеваний костно-мышечной системы, а также значимому росту этих показателей с увеличением стажа работы во вредных условиях труда, что позволяет считать эти заболевания производственно обусловленными [5].

Целесообразность разработки прогностической модели подтверждена и в других публикациях с описанием снижения заболеваемости при своевременной профилактической помощи [6–8].

Прогностическая модель рисков потери трудоспособности позволит определить объем необходимых организационных ресурсов для снижения уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ), выявить недостающие звенья в цепочке превентивных мер заболеваемости, определить вектор персонифицированной помощи трудящимся. Ниже мы описываем результаты исследования для сохранения здоровья персонала Курской атомной электростанции (КуАЭС) в ходе выполнения государственного задания ФМБА России.

Цель на организационном этапе: проанализировать уровень ЗВУТ работников Курской атомной электростанции, испытывающих хроническое радиационное воздействие в совокупности с другими вредными производственными факторами в 2020 г. Задачей на перспективу является выявление динамики ЗВУТ работников КуАЭС для разработки комплекса здоровьесберегающих мероприятий и построения прогностической модели рисков потери трудоспособности.

Материалы и методы. Проанализированы показатели уровня ЗВУТ работников, обслуживаемых МСЧ № 125 ФМБА России (г. Курчатов, Курская обл.), в зависимости от места работы (подразделения) на Курской КуАЭС за 2020 г. по классам болезней с учетом номенклатуры МКБ. Исследование проводили методом выкопировки данных из формы № 16-ВН, включая сведения о числе дней временной нетрудоспособности (ВН) причинам ВН, о числе случаев ВН. Кроме того, фиксировали число случаев ВН, распределенных по пятилетним возрастным группировкам. Из графы «Травмы и отравления» получали сведения о ВН, связанной с травмами и отравлениями, независимо от места и причины, из дополнительных строк «Всего по заболеваниям» – ВН больных с COVID-19, из строки «Уход за больным» – ВН, связанная с уходом за больным, оформленная листком нетрудоспособности медицинской организации. На момент исследования представлены данные 24 092 женщин и 20 847 мужчин (всего 44 939 человек), из их 12 093 пенсионного возраста. В задачи организационного этапа научного исследования входило изучение причин временной нетрудоспособности согласно годовой отчетной форме № 16-ВН за 2020 г., по данным которой рассчитаны структура ВН в случаях и в днях, средняя длительность одного случая ВН, число случаев (дней) ВН на 100 работающих. Данные статистически обрабатывали в Яндекс-таблицах (Россия).

Результаты изучения ЗВУТ у работников Курской АЭС. В ходе исследования было отмечено, что наиболее высокий уровень ЗВУТ среди персонала КуАЭС как по количеству случаев, так и по количеству дней временной нетрудоспособности был

Таблица 1. **Структура ЗВУТ у персонала КуАЭС (с разбивкой по гендерному признаку) за 2020 год (на 100 рабочих)**

Table 1. **Gender-specific sickness absence statistics – 2020 by disease categories in workers of the Kursk Nuclear Power Plant (per 100 employees)**

		Всего / Total	Мужчины / Men	Женщины / Women
Всего по заболеваниям / All diseases	случаи / episodes	41,89	47,52	51,55
	дни / days	611,08	662,2	1054,66
	длительность одного случая / episode duration	14,6	13,9	20,5
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	случаи / episodes	26,69	26,39	27,55
	дни / days	291,1	288,11	299,74
	длительность одного случая / episode duration	10,9	10,9	10,9
Болезни органов костно-мышечной системы / Diseases of the musculoskeletal system	случаи / episodes	3,36	3,18	3,89
	дни / days	61,97	56,64	77,46
	длительность одного случая / episode duration	18,4	17,8	19,9
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	случаи / episodes	0,95	1,07	0,6
	дни / days	17,78	20,18	10,8
	длительность одного случая / episode duration	18,7	18,9	17,9
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	случаи / episodes	1,0	1,04	0,86
	дни / days	16,49	18,37	11,05
	длительность одного случая / episode duration	16,6	17,7	12,8
Болезни мочевыделительной системы / Diseases of the genitourinary system	случаи / episodes	0,75	0,6	1,21
	дни / days	8,18	6,72	12,44
	длительность одного случая / episode duration	10,9	11,3	10,3
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	случаи / episodes	0,15	0,15	0,17
	дни / days	1,72	1,52	2,33
	длительность одного случая / episode duration			
Травмы и отравления / Injuries and poisonings	случаи / episodes	3,03	3,36	2,07
	дни / days	73,23	74,62	69,17
	длительность одного случая / episode duration	24,2	22,2	33,4

обусловлен болезнями органов дыхания, реже – болезнями костно-мышечной системы, затем – травмами и отравлениями (табл. 1). Количество случаев ВН у женщин было на 5 % выше, чем у мужчин, число дней нетрудоспособности на 100 работающих – на 36 %, а длительность одного случая нетрудоспособности – на 12 %. Половая структура заболеваемости характеризовалась преобладанием у женщин случаев болезней мочевыделительной системы (вдвое), костно-мышечной системы (на 22 %), нервной системы (на 13 %). В то же время у мужчин преобладали болезни системы кровообращения (на 44 %), травмы (на 38 %), болезни системы пищеварения (на 17 %).

ЗВУТ оценивали по шкале, предложенной Е.Л. Ноткиным [9].

В целом по производству на КуАЭС общая ЗВУТ на 100 круглогодовых по болевшим лицам составила 41,89 случая и 611,08 дня, что по шкале Е.Л. Ноткина соответствует уровням «низкий» и «ниже среднего» соответственно.

Количество занятых на производстве КуАЭС по подразделениям: электроцех – 537 чел.; цех тепловой автоматики измерений – 487 чел.; химический цех – 304 чел.; реакторный цех № 2 – 283 чел.; реакторный цех № 1 – 269 чел.; турбинный цех – 231 чел.; цех централизованного ремонта – 209 чел.; другие подразделения менее крупные.

В профессиональных группах наибольшее количество случаев ЗВУТ на 100 работающих выявлено в следующих подразделениях: учебно-тренировочный центр – 73,1; конструктор-

Таблица 2. **Показатели ЗВУТ в абс. цифрах, на 100 рабочих в структурных подразделениях КуАЭС в 2020 г.**

Table 2. **Sickness absence statistics – 2020 by divisions of the Kursk Nuclear Power Plant**

№ / No.	Подразделения КуАЭС / Divisions of the Kursk Nuclear Power Plant	Кол-во человек / Workers, *n*	Число случаев / Number of episodes		Дни нетрудоспособности / Days of sickness absence		Средняя длительность ЛН, дней / Mean sickness absence, days
			n	% на 100 раб. / per 100 employees	*n*	% на 100 раб / per 100 employees	
1	Конструкторско-технологический отдел / Design and Technology Department	26	19	73,1	263	1011,5	13,8
2	Цех обработки радиационных отходов / Radioactive Waste Treatment Shop	134	71	53,0	1021	761,9	14,4
3	Отдел инженерно-технологической поддержки эксплуатации / Department of Engineering and Technological Support for Operations	37	22	59,5	286	773,0	13,0
4	Отдел метрологии / Department of Metrology	40	23	57,5	332	830,0	14,4
5	Гидроцех / Hydroshop	70	48	68,6	678	968,6	14,1
6	Цех централизованного ремонта / Centralized Repair Shop	209	106	50,7	1486	711,0	14,0
7	Планово-технологический отдел / Planning and Technology Department	27	14	51,9	191	707,4	13,6
8	Управление планово-технической комплектацией / Management of Planned Procurement	108	63	58,3	913	845,4	14,5
9	Отдел дефектов металла и технического контроля / Department of Metal Defects and Technical Control	74	42	56,8	553	747,3	13,2
10	Турбинный цех / Turbine Shop	231	94	40,7	1356	587,0	14,4
11	Отдел радиационной безопасности / Department of Radiation Safety	172	85	49,4	1223	711,0	14,4
12	Служба безопасности / Security Service	153	57	37,3	852	556,9	15,0
13	Хранилище отходов обработки ядерного топлива / Nuclear Fuel Processing Waste Storage Facility	135	79	58,5	1146	848,9	14,5
14	Отдел ядерной безопасности и надежности / Department of Nuclear Safety and Security	66	38	57,6	537	813,6	14,1
15	Электроцех / Electrical Shop	537	249	46,4	3806	708,8	15,3
16	Реакторный цех № 1 / Reactor Shop No. 1	269	118	43,9	1749	650,2	14,8
17	Отдел информационно-коммуникационных технологий / Department of Information and Communication Technologies	48	26	54,2	348	725,0	13,4
18	Управление капитального строительства / Office of Capital Construction	79	43	54,4	598	757,0	13,9
19	Химический цех / Chemical Shop	304	104	34,2	1606	528,3	15,4
20	Цех тепловой автоматики измерений / Thermal Measurement Automation Shop	487	182	37,4	2536	520,7	13,9
21	Учебно-тренировочный центр / Training Center	78	57	73,1	845	1083,3	14,8
22	Цех вентиляции / Ventilation Shop	79	39	49,4	602	762,0	15,4
23	Управление информации и общественных связей / Department of Information and Public Relations	25	11	44,0	167	668,0	15,2
24	Цех обеспечивающих систем / Support Systems Shop	152	93	61,2	1382	909,2	14,9
25	Реакторный цех № 2 / Reactor Shop No. 2	283	96	33,9	1456	514,5	15,2
26	Транспортный цех / Transportation Department	55	36	65,5	506	920,0	14,1

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23
Оригинальная исследовательская статья

ско-технологический отдел – 73,1; гидроцех – 68,6; транспортный цех – 65,5 (табл. 2).

Полученные результаты соответствуют данным из работ И.В. Бухтиярова [10] и Тихоновой А.Н. и соавт. [11], в которых отмечено, что в Российской Федерации «в структуре ВН у мужчин и женщин на четыре класса болезней (болезни органов дыхания, костно-мышечной системы, системы кровообращения и органов пищеварения) приходилось 70–80 % от общего числа случаев ВН».

Шевченко И.Н. провела анализ количества дней ВН жителей Курской области за 2020 г. [12]. В работе Шевченко И.Н. отмечает, что по данным ЗВУТ наибольшее количество дней нетрудоспособности приходится на болезни органов дыхания: 152,26 дня на 100 человек работающего населения, что составляет 43,4 % от общего числа дней временной нетрудоспособности (на КуАЭС мы выявили 291,1 дня на 100 работающих, почти вдвое больше). Ниже заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани: 71,58 дня на 100 человек работающего населения, что соответствует 20,4 % от общего числа дней временной нетрудоспособности (на КуАЭС – 61,97 дня, немного ниже). Следующее место по числу дней временной нетрудоспособности занимают травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин: 48,77 дня на 100 человек работающего населения, что составляет 13,9 % от общего числа дней временной нетрудоспособности (на КуАЭС – 73,23 дня, вполовину больше).

Обсуждение. Перспективность изучения причин ЗВУТ не вызывает сомнений, поскольку отдельные эпизоды нарушения состояния здоровья трудящихся могут отражать начало развития системных заболеваний. А.Ф. Денисенко и соавт. в своей публикации отмечают, что «совокупность индивидуальных уровней здоровья, которая характеризует жизнеспособность общества и прогноз его, – основа дальнейшего социально-экономического развития» [13]. Согласно полученным в ходе настоящего исследования данным, в целом по производству на КуАЭС общая ЗВУТ на 100 круглогодовых по болевшим лицам относится к «низкому» и «ниже среднего» уровням соответственно (табл. 2). Структура ЗВУТ соответствует структуре ЗВУТ по РФ и по Курской области в частности. Лидирующими патологическими состояниями, обуславливающими временную нетрудоспособность как у работников КуАЭС, так и у остального населения, являются: болезни органов дыхания, костно-мышечной системы, травмы и отравления. В статистической форме 16 ВН не указаны сведения о профессии, воздействующим вредным и (или) опасным факторам рабочей среды и их уровням, стаже работы во вредных условиях труда и другие, что не позволяет достоверно устанавливать причинно-следственные связи ЗВУТ с условиями труда работающих, что является основанием проведения дополнительного учета этих показателей на предприятии.

По данным литературы, в формировании ЗВУТ у работников КуАЭС играет роль возраст и трудовой стаж. К примеру, вклад стажевого фактора в формирование заболеваний в профессиональной группе машинистов буровых установок на предприятиях по добыче железной руды составляет 23 % [14].

Статистически проанализировать связь изученных показателей с другими факторами риска развития ЗВУТ не представляется возможным, поскольку в статистической форме 16 ВН отсутствуют сведения о профессии, о воздействии вредных и (или) опасных факторов рабочей среды и их уровнях, о стаже работы во вредных условиях труда. В существующей форме учета «Сведения о причинах временной нетрудоспособности» отсутствуют факторы риска развития хронических неинфекционных заболеваний, которые, несомненно, способствуют низкой производительности труда. В связи с этим мы присоединяемся к мнению авторов (Шастин А.С. и др.), которые считают, что «для повышения достоверности официальной статистической информация о ЗВУТ требуется внесение изменений в приказ Федеральной службы государственной статистики от 25 декабря 2014 г. № 723 "Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения"» [15].

Исходя из вышеописанной ситуации, отражающей неполноту картины причинно-следственных связей ЗВУТ с условиями труда работающих, становится актуальным дополнительный учет факторов, оказывающих влияние на здоровье и трудоспособность. Сбор информации об описанных выше критериях и условиях производства повлечет формирование больших баз данных, сведения в которых должны дополняться персонифицированными данными из единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) и результатами профилактических осмотров. При своевременном обновлении всех вносимых сведений станет возможным создать цифрового двойника работника, а впоследствии – прогностическую модель рисков потери трудоспособности. Ожидается, что развитие цифрового двойника в области медицины позволит достичь количественного понимания и прогнозирования здоровья и болезней, что революционизирует развитие медицины. Его можно использовать при управлении и проектировании больницы, а также при оказании медицинской помощи [16]. Использование модели, отражающей список наиболее неблагоприятных прогностических клинических признаков с учетом степени их достоверности, поможет врачу выявить пациентов из группы риска и начать превентивное лечение. Цифровой двойник действует как цифровая копия (модель) физического объекта или процесса, воспроизводя поведение модели и взаимосвязь с другими физическими объектами, не находясь в непосредственной близости [17]. Цифровая копия может сохраняться на протяжении всего жизненного цикла системы и прочно связана с физическим объектом: его состояние постоянно обновляется в режиме, близком к реальному времени, с данными, полученными в физической системе различными устройствами, в основном датчиками или другими источниками, такими как существующие ИТ-системы и переданные в цифровом виде [18]. В настоящее время американской диабетической ассоциацией в клинической практике успешно применяется цифровая модель больного сахарным диабетом под названием «Архимед». При разработке

проекта использовали методы подбора кривой, связывающие исходные данные с результатами лечения пациентов на основе фундаментальных научных, эпидемиологических исследований и клинических испытаний. Любой результат в модели рассчитывают совместно по десяткам уравнений, достигая погрешности 0,99 % [19].

В сопряжении с методами системного анализа и математического моделирования разработаны и апробированы методы оценки риска здоровью при совместном воздействии разнородных факторов (химических, физических, биологических, факторов образа жизни). Подходы закреплены в методических документах федерального уровня по оценке риска от воздействия химических веществ (МР 2.1.10.0062–12[1]), транспортного шума (МР 2.2.10.0059–12[2]), переменных электромагнитных полей (МР 2.1.10.0061–12[3]) и ряде других. Зайцева Н.В. и соавт. отмечают, что «применение моделирования эволюции риска позволяет избежать как недооценки, так и аггравации рисков для здоровья, поскольку определяет характер нарастания риска и качественное его изменение (например, трансформация допустимого риска в недопустимый или умеренного риска – в высокий). В ряде случаев оценка эволюции риска позволяет прогнозировать неочевидный риск для здоровья в условиях длительного низкоуровневого воздействия, что способствует принятию мер, которые могли бы быть упущенными при анализе иными способами» [20].

В перспективе, опираясь на достижения современных цифровых технологий, будут развиваться модели, прогнозирующие время и причину, риск временной/постоянной потери или снижения трудоспособности. Цифровой профиль работника – динамическая экосистема данных о здоровье, условиях трудовой деятельности, социальном, семейном положении, генетических особенностях, вредных привычках, психологической стабильности, образе жизни, возрастных изменениях и других факторах, влияющих на адаптацию человека в изменчивом техногенном мире. Ведущим фактором заболеваемости часто считают профессиональные условия труда, имея в виду неблагоприятное воздействие пыли, токсичных газов и паров, метеорологических условий, шума, радиоактивных веществ, рентгеновских лучей, монотонных и часто повторяющихся движений ограниченных групп мышц, быстрого темпа работы, неудобного положения тела и потенциального риска получения травм. В связи с этим сегодня требуется обстоятельное изучение до сих пор недостаточно известных производственных факторов с точки зрения их влияния на организм работающих и применения эффективных оздоровительных мероприятий [21].

Применительно к высокотехнологичным предприятиям атомной отрасли на сегодня существует мнение, что «в силу отсутствия профессиональных заболеваний среди работников атомной отрасли, связанных с воздействием ионизирующего излучения, и низким уровнем производственного травматизма нецелесообразно включать в оценку профессионального индивидуального риска используемые в настоящее время показатели профессиональных рисков и условий труда» [22]. В связи с этим коллектив авторов из ФМБА России разработал одномерный многопараметрический показатель оценки и решающие правила идентификации уровня потери здоровья работника, построил регрессионную модель, позволяющую по классам условий труда спрогнозировать уровень потери здоровья работника.

Мероприятия по охране здоровья работающих в глобальном плане действий ВОЗ включат регистрацию профессиональных и связанных с работой заболеваний, что, в свою очередь, обуславливает формирование персонифицированного регистра лиц, занятых на потенциально опасных для здоровья производствах в Российской Федерации. Примером такого регистра служит сформированный на базе ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна Отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания работников атомной промышленности (ОРПРОФИ) [23]. При наличии базы персональных данных работников КуАЭС и цифровой платформы «производство – работник» станет возможным с определенной вероятностью прогнозировать причинно-следственную связь развития ЗВУТ с рядом других патологических изменений в здоровье трудящихся. При этом важно помнить, что качество собираемой для отчета информации о заболеваемости зависит от полноты данных, методов сбора и особенностей регистрации отдельных случаев заболеваний.

В настоящий момент причины столь большого количества лиц с заболеваниями бронхолегочной системы на КуАЭС, где лидирующим фактором вредности является ионизирующее излучение, неизвестны. Для поиска причинно-следственных связей для ЗВУТ на КуАЭС планируется продолжить исследование, получить данные по генеральной совокупности случаев и дней временной нетрудоспособности и провести дальнейший статистический анализ.

Дальнейшие исследования можно направить на изучение ассоциации использования ресурсов системы профилактической медицины, здравоохранения и ВН с основными факторами риска заболеваний как на индивидуальном, так и на популяционном уровне. Аналогичные работы проведены Суворовой Е.И. и соавт. в рамках эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ [24]. Исследователи заключили, что в трудоспособном возрасте наблюдается статистически значимая ассоциация вероятности и объема потребления ресурсов системы здравоохранения с наличием факторов риска, которая варьирует в зависимости от типа медицинской помощи, пола и фактора риска. Кроме того, возможно развитие нового направления в производственной медицине, использующее возможности молекулярно-генетических исследований с определением генетических маркеров, что существенно повысит

[1] МР 2.1.10.0062–12 «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей». Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 36 с.

[2] МР 2.2.10.0059–12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума». Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с.

[3] МР 2.1.10.0061–12 «Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГЦ) в условиях населенных мест». Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. 35 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-16-23
Оригинальная исследовательская статья

информативность оценки степени риска развития хронических неинфекционных заболеваний. Практическое применение указанного метода будет способствовать принятию своевременных профилактических мер, сокращению числа и случаев временной нетрудоспособностей работников предприятий [25].

Заключение. Проведена ретроспективная оценка ЗВУТ работающего населения КуАЭС за 2020 г. с целью дальнейшего динамического изучения показателей ЗВУТ на уровне отдельного предприятия для выявления причинно-следственных связей ее развития с условиями труда и построения прогностической модели заболеваемости. По результатам исследования установлены основные нозологические формы ЗВУТ: болезни органов дыхания, болезни костно-мышечной системы, травмы и отравления. Насколько выявленные классы болезней могут быть связаны с воздействием вредных и (или) опасных факторов рабочей среды, предстоит определить. Инструментом для решения данного вопроса, по нашему мнению, может стать цифровая платформа, отражающая взаимосвязь производственных процессов, медицинское обслуживание, трудоспособность человека и его персональные данные в рамках технологического процесса. Полученные сведения послужат основанием для принятия управленческих решений по снижению временной нетрудоспособности работающих.

Список литературы

1. Власова Е.М. Паттерны к мотивации здоровья и трудовому долголетию у работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста // Анализ риска здоровью – 2022. Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения: Материалы международной встречи по окружающей среде и здоровью RISE–2022. Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под ред. Поповой А.Ю., Зайцевой Н.В. В двух томах, Пермь, 18–20 мая 2022 года. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2022. Т. 2. С. 10–16.
2. Блащенко Е.Ю. Анализ структуры заболеваемости с временной нетрудоспособностью в амбулаторной практике // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2020. Т. 19. № 3. С. 240–242. doi: 10.36622/VSTU.2020.19.3.030
3. Галаева Л.А., Малая Т.Н. К вопросу о понятии и содержании нетрудоспособности // Проблемы экономики и юридической практики. 2020. Т. 16. № 2. С. 267–273.
4. Кузнецова Е.А. Сравнительный анализ моделей государственного управления охраной труда // Вопросы государственного и муниципального управления. 2020. № 4. С. 214–242.
5. Бухтияров И.В., Кузьмина Л.П., Головкова Н.П. и др. Реализация положений стандартов методологической платформы по оценке и управлению профессиональным риском для здоровья работников // Медицина труда и промышленная экология. 2022. Т. 62. № 5. С. 278–284. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-5-278-284
6. Короткова Е.И. Диспансеризация как фактор уменьшения уровня показателей временной нетрудоспособности по сердечно-сосудистым заболеваниям в Кировской области // Электронный сборник научных трудов «Здоровье и образование в XXI веке». 2009. Т. 11. № 8. С. 327–328.
7. Котляр Б.А. Пути снижения числа и продолжительности временной нетрудоспособности работников // Металлург. 2020. № 2. С. 13–17.
8. Абдрашитова А.Б., Салеев Р.А., Хисамутдинов А.Н. Анализ заболеваемости с временной нетрудоспособностью в Республике Татарстан // Общественное здоровье и здравоохранение. 2020. № 1 (65). С. 33–37.
9. Ноткин Е.Л. Об углубленном анализе данных заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Гигиена и санитария. 1979. № 5. С. 40–46.
10. Бухтияров И.В., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю. Временная нетрудоспособность работников в Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2022. Т. 61. № 1. С. 4–18. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-1-4-18
11. Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю., Голубев Н.А. Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности в России // Профессиональное долголетие – многофакторные риски, стратегия и тактика реализации: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Омск, 22–23 апреля 2021 года. Омск: Издательско-полиграфический центр ОмГМУ, 2021. С. 165–169.
12. Шевченко И.Н. Структура дней временной нетрудоспособности в Курской области за 2020 год // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 01 февраля 2021 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука». 2021. С. 11–15.
13. Денисенко А.Ф., Ляшенко Е.Г., Боева И.А., Ермаченко Т.П., Тищенко А.В. Профессиональные и производственно-обусловленные заболевания – перспективы гармонизации в медицине труда // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2020. Т. 24. № 2. С. 151–156.
14. Страшникова Т.Н., Суржиков Д.В., Кислицына В., Корсакова Т. Г. Причинно-следственные связи показателей заболеваемости с временной утратой трудоспособности со стажем работы у работников горнорудного предприятия // Санитарный врач. 2021. № 4. С. 58–66. doi: 10.33920/med-08-2104-06
15. Шастин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Жданов А.Н., Шулев П.Л. Отдельные вопросы заболеваемости работающего населения в Центральном федеральном округе в 2005–2020 гг. // Врач. 2022. Т. 33. № 1. С. 9–16. doi 10.29296/25877305-2022-01-02
16. Sun T, He X, Song X, Shu L, Li Z. The digital twin in medicine: A key to the future of healthcare? *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:907066. doi: 10.3389/fmed.2022.907066
17. Croatti A, Gabellini M, Montagna S, Ricci A. On the integration of agents and digital twins in healthcare. *J Med Syst*. 2020;44(9):161. doi: 10.1007/s10916-020-01623-5
18. Boschert S, Rosen R. Digital twin—the simulation aspect. In: Hebenberger P, Bradley D, eds. *Mechatronic Futures*. Springer Int Publ.; 2016:59–74.
19. Eddy DM, Schlessinger L. Validation of the archimedes diabetes model. *Diabetes Care*. 2003;26(11):3102-3110. doi: 10.2337/diacare.26.11.3102
20. Зайцева Н.В., Попова А.Ю., Май И.В., Шур П.З. Методы и технологии анализа риска здоровью в системе государственного управления при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 93–98.
21. Завалишина А.В. Влияние условий труда на заболеваемость с временной утратой нетрудоспособности // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны, Москва, 01 марта 2021 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2021. С. 310–315.
22. Исаева Н.А., Бобров А.Ф., Седин В.И., Щебланов В.Ю. Критерии оценки индивидуально обусловленных профессиональных рисков работников атомной отрасли // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 2. С. 46–52. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-2-46-52
23. Бушманов А.Ю., Туков А.Р. Носков Д.С. Автоматизированные системы управления: отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания // Социальные аспекты здоровья населения. 2012. № 5 (27). С. 10.

24. Суворова Е.И., Концевая А.В., Шальнова С.А., Деев А.Д., Баланова Ю.А. Ассоциация объема потребления медицинских услуг и частоты случаев временной нетрудоспособности с основными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации по данным популяционного исследования // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2020. Т. 16. № 1. С. 69–74. doi: 10.20996/1819-6446-2020-02-18
25. Зеленко А.В., Щербинская Е.С., Семушина Е.А., Синякова О.К. Новое направление в профилактике производственно обусловленных заболеваний у работников промышленных предприятий // Актуальные вопросы гигиены: сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27 февраля 2021 года / Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 2021. С. 140–145.

References

1. Vlasova EM. [Patterns of motivation for health and professional longevity in hazardous production workers of pre-retirement and retirement age.] In: Popova AYu, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2022. Fundamental and Applied Aspects of Providing Sanitary and Epidemiological Wellbeing of the Population: Proceedings of the International Environment and Health Meeting RISE–2022; Proceedings of the Twelfth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Perm, May 18–20, 2022.* Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2022;2:10-16. (In Russ.)
2. Blashchenko EY. Analysis of the structure of morbidity with temporary disability in outpatient practice. *Sistemnyy Analiz i Upravlenie v Biomeditsinskikh Sistemakh*. 2020;19(3):240-242. (In Russ.) doi: 10.36622/VSTU.2020.19.3.030
3. Galaeva LA, Malaya TN. On the concept and content of disability in the Russian legislation. *Problemy Ekonomiki i Yuridicheskoy Praktiki*. 2020;16(2):267-273. (In Russ.)
4. Kuznetsova EA. Comparative analysis of state occupational safety and health management models. *Voprosy Gosudarstvennogo i Munitsipal'nogo Upravleniya*. 2020;(4):214-242. (In Russ.)
5. Bukhtiyarov IV, Kuzmina LP, Golovkova NP, *et al*. Implementation of the provisions of the methodological platform standards for the assessment and management of occupational health risk for employees. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2022;62(5):278-284. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-5-278-284
6. Korotkova EI, Korotkova OL. [Clinical examination as a factor in reducing the level of sickness absenteeism due to cardiovascular disease in the Kirov Region]. *Elektronnyy Sbornik Nauchnykh Trudov "Zdorov'e i Obrazovanie v XXI veke"*. 2009;11(8):327-328. (In Russ.)
7. Kotlyar BA. [Ways to reduce the rate and duration of sickness absenteeism of workers]. *Metallurg*. 2020;(2):13-17. (In Russ.)
8. Abdrashitova AB, Saleev RA, Khisamutdinov AN. Incidence analysis with temporary disability in Tatarstan Republic. *Obshchestvennoe Zdorov'e i Zdravookhranenie*. 2020;(1(65)):33-37. (In Russ.)
9. Notkin EL. [On the comprehensive analysis of data on sickness absenteeism.] *Gigiena i Sanitariya*. 1979;(5):40-46. (In Russ.)
10. Bukhtiyarov IV, Tikhonova GI, Churanova AN, Gorchakova TYu. Temporal disability of employees in the Russian Federation. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2022;61(1):4-18. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-1-4-18
11. Tikhonova GI, Churanova AN, Gorchakova TYu, Golubev NA. [Analysis of sickness absenteeism in Russia.] In: *Professional Longevity – Multifactorial Risks, Strategy and Tactics of Achievement: Proceedings of the All-Russian Conference with international participation, Omsk, April 22-23, 2021*. Omsk: OmGMU Publ.; 2021:165-169. (In Russ.)
12. Shevchenko IN. Structure of days of temporary disability in the Kursk Region for 2020. In: *Fundamental and Applied Science: Status and Trends of Development: Proceedings of the Eighth International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, February 1, 2021*. Petrozavodsk: International Centre for Scientific Partnership "New Science" Publ.; 2021:11-15. (In Russ.)
13. Denisenko AF, Lyashenko EG, Boeva IA, Ermachenko TP, Tishchenko AV. [Occupational and work-related diseases – prospects for harmonization in occupational medicine.] *Vestnik Gigieny i Epidemiologii*. 2020;24(2):151-156. (In Russ.)
14. Strashnikova TN, Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Korsakova TG. Causal relationships of morbidity indicators with temporary disability with work experience among workers of a mining enterprise. *Sanitarnyy Vrach*. 2021;(4):58-66. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2104-06
15. Shastin AS, Malykh OL, Gazimova VG, Tselipova TM, Zhdanov AN, Shulepov PL. Selected issues of morbidity in the working population in the central federal district in 2005–2020. *Vrach*. 2022;33(1):9-16. doi: 10.29296/25877305-2022-01-02
16. Sun T, He X, Song X, Shu L, Li Z. The digital twin in medicine: A key to the future of healthcare? *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:907066. doi: 10.3389/fmed.2022.907066
17. Croatti A, Gabellini M, Montagna S, Ricci A. On the integration of agents and digital twins in healthcare. *J Med Syst*. 2020;44(9):161. doi: 10.1007/s10916-020-01623-5
18. Boschert S, Rosen R. Digital twin—the simulation aspect. In: Hebenberger P, Bradley D, eds. *Mechatronic Futures*. Springer Int Publ.; 2016:59–74.
19. Eddy DM, Schlessinger L. Validation of the archimedes diabetes model. *Diabetes Care*. 2003;26(11):3102-3110. doi: 10.2337/diacare.26.11.3102
20. Zaytseva NV, Popova AYu, May IV, Shur PZ. Methods and technologies of health risk analysis in the system of the state management under assurance of the sanitation and epidemiological welfare of population. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(2):93-98. (In Russ.)
21. Zavalishin AV. Influence of working conditions on morbidity with temporary disability. In: *Civil Defense for Peace and Security: Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference Dedicated to the World Civil Defense Day, Moscow, March 1, 2021*. Moscow: Academy of State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters Publ.; 2021:310-315. (In Russ.)
22. Isaeva NA, Bobrov AF, Sedin VI, Scheblanov VYu. Assessment criteria of individual occupational risks in nuclear industry employees. *Mediko-Biologicheskie i Sotsial'no-Psikhologicheskie Problemy Bezopasnosti v Chrezvychaynykh Situatsiyakh*. 2019;(2):46-52. (In Russ.) doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-2-46-52
23. Bushmanov AYu, Tukov AR, Noskov DS. Automated control systems: The branch register of people, which have the occupational diseases. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2012;(5(27)):10. (In Russ.)
24. Suvorova EI, Kontsevaya AV, Shalnova SA, Deev AD, Balanova YuA. Association of the level healthcare resource consumption and frequency of temporary disability cases with cardiovascular risk factors based on data of population study in Russian Federation. *Ratsional'naya Farmakoterapiya v Kardiologii*. 2020;16(1):69-74. (In Russ.) doi: 10.20996/1819-6446-2020-02-18
25. Zelenko AV, Shcherbinskaya ES, Semushina EA, Sinyakova OK. [A new direction in the prevention of work-related diseases in workers of industrial enterprises.] In: *Current Issues of Hygiene: Proceedings of the Sixth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, February 27, 2021*. St. Petersburg: I.I. Mechnikov North-Western State Medical University Publ.; 2021:140-145. (In Russ.)

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32
Оригинальная исследовательская статья

© Коллектив авторов, 2022
УДК 613.16+613.955

Check for updates

Особенности иммунного и нейроэндокринного статусов детей в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы школьной среды

Д.В. Ланин[1,2,3], К.Н. Лихачев[1,4], М.В. Зюлева[2], О.В. Долгих[1,2]

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

[2] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, д. 15, Пермь, 614990, Российская Федерация

[3] ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, д. 26, г. Пермь, 614990, Российская Федерация

[4] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» Роспотребнадзора, ул. Куйбышева, д. 50, г. Пермь, 614016, Российская Федерация

Резюме

Введение. Современная образовательная среда предполагает использование различных электронных устройств, генерирующих физические факторы. Кроме широкого применения указанных устройств на здоровье школьников оказывают воздействие и другие физические факторы школьной среды. Однако вопросы комбинированного влияния комплекса физических факторов различной природы на регуляторные системы организма изучены недостаточно.

Цель исследования: оценить особенности иммунного и нейроэндокринного статусов школьников, обучающихся в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы, и провести анализ связи изменений параметров регуляторных систем с изученными физическими факторами.

Материалы и методы. Объектами исследования явились учащиеся общеобразовательных учреждений Пермского края (группа наблюдения 144 человека – гимназия г. Перми; группа сравнения 114 человек – СОШ г. Кунгура Пермского края). Проведено исследование физических факторов внутришкольной среды (шум, освещенность искусственная, электромагнитное излучение, аэроионный состав воздуха) в начальной, средней и основной школах двух общеобразовательных учреждений Пермского края, полученные результаты сравнивались с гигиеническими нормативами. Изучены показатели иммунной (CD-фенотипирование, определение фагоцитарной активности лейкоцитов, концентрации иммуноглобулинов и цитокинов) и нейроэндокринной (ТТГ, T_4 свободный, кортизол) систем с последующей сравнительной оценкой. Произведен расчет и анализ математических моделей с целью установления связей между изученными физическими факторами и параметрами иммунной и нейроэндокринной систем.

Результаты. Установлены изменения аэроионного состава воздуха внутришкольной среды гимназии, где также более широко представлены и применяются электронные средства обучения в отличие от СОШ. При исследовании показателей иммунной и нейроэндокринной систем в группе наблюдения обнаружены возрастозависимые изменения экспрессии субпопуляций лимфоцитов, умеренные изменения гуморальных и фагоцитарных показателей, наличие дисбаланса экспрессии про- и противовоспалительных цитокинов, а также гормонов. Построение моделей логистической регрессии позволило установить наличие связи между изменениями, обнаруженными в иммунном статусе учащихся (уровни $CD19^+$- и $CD3^+CD8^+$-лимфоцитов), и воздействием изученных физических факторов внутришкольной среды (параметры электромагнитного излучения).

Выводы. Исследования показали наличие ряда изменений в регуляторных системах обучающихся, связанных с воздействием физических факторов школьной среды.

Ключевые слова: физические факторы, школьники, иммунная и нейроэндокринная системы, среда обитания, параметры электромагнитного излучения.

Для цитирования: Ланин Д.В., Лихачев К.Н., Зюлева М.В., Долгих О.В. Особенности иммунного и нейроэндокринного статусов детей в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы школьной среды // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 24–32. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32

Сведения об авторах:

✉ **Ланин** Дмитрий Владимирович – д.м.н., профессор кафедры микробиологии и иммунологии ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; ведущий научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; профессор кафедры иммунологии ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России; e-mail: dlan@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1557-0589.

Лихачев Константин Николаевич – врач по общей гигиене ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» Роспотребнадзора; аспирант ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: doc3000@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9135-2858.

Зюлева Маргарита Васильевна – магистрант кафедры микробиологии и иммунологии биологического факультета ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; e-mail: doubleyou.11@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8523-3318.

Долгих Олег Владимирович – д.м.н., заведующий отделом иммунобиологических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; профессор кафедры микробиологии и иммунологии ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; e-mail: root@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4860-3145.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов, получение данных для анализа, анализ полученных данных: *Ланин Д.В., Лихачев К.Н., Зюлева М.В., Долгих О.В.*; сбор данных: *Ланин Д.В., Лихачев К.Н., Зюлева М.В., Долгих О.В.*, подготовка рукописи: *Ланин Д.В., Лихачев К.Н., Зюлева М.В., Долгих О.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование проводилось с соблюдением этических принципов медицинских исследований с участием человека в качестве объекта исследования согласно Хельсинкской декларации ВМА в редакции 2013 г., протокол Комитета по этике ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» № 11 от 24.01.2020.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 17.08.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Original Research Article

Characteristics of the Immune and Neuroendocrine Status of Children Exposed to Non-Ionizing Radiation in the School Environment

Dmitry V. Lanin,[1,2,3] Konstantin N. Likhatchev,[1,4] Margarita V. Zyuleva,[1] Oleg V. Dolgikh[1,2]

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

[2] Perm State National Research University, 15 Bukirev Street, Perm, 614990, Russian Federation

[3] Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Street, Perm, 614990, Russian Federation

[4] Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region, 50 Kuibyshev Street, Perm, 614016, Russian Federation

Summary

Introduction: The modern educational environment involves the use of various electronic devices generating physical hazards. In addition to the widespread use of these devices, other physical factors of the school environment also affect schoolchildren's health. However, the impact of the combined exposure to physical factors of various nature on the regulatory systems of the body has been studied insufficiently so far. However, the influence of a complex of physical factors of various nature on the regulatory systems of the body has not been sufficiently studied.

Objective: To evaluate the features of the immune and neuroendocrine status of schoolchildren exposed to heterogeneous physical factors of a non-ionizing nature at school and to analyze the relationship between the studied physical factors and changes in the parameters of regulatory systems.

Materials and methods: The exposed group included 144 students of a gymnasium from the city of Perm and the unexposed (reference) group consisted of 114 schoolchildren from the town of Kungur, Perm Region. We measured physical factors of the school environment, including noise, artificial illumination, electromagnetic radiation, and air ion concentrations affecting elementary, secondary, and high school students from both groups and compared the results with respective permissible levels. The indicators of immune (CD-phenotyping, phagocytic activity of leukocytes, concentrations of immunoglobulins and cytokines) and neuroendocrine (TSH, free T_4, and cortisol) systems were established and compared. Mathematical models were calculated and analyzed in order to find the links between the exposure to physical factors under study and the parameters of the immune and neuroendocrine systems.

Results: The indoor air study showed differences in the number and charge of air ions between the gymnasium with its numerous e-learning tools and the school of comparison. The study of the immune and neuroendocrine systems in the exposed group revealed age-related changes in the expression of lymphocyte subpopulations, moderate changes in humoral and phagocytic parameters, an imbalance in the expression of pro- and anti-inflammatory cytokines and hormones. The construction of logistic regression models allowed us to establish the link between the parameters of electromagnetic radiation in the school environment and changes in the immune status of students ($CD19^+$ and $CD3^+CD8^+$ lymphocytes).

Conclusion: The study demonstrated a number of changes in the regulatory systems of schoolchildren associated with the impact of physical factors of the school environment.

Keywords: physical factors, schoolchildren, immune and neuroendocrine systems, environment, electromagnetic radiation.

For citation: Lanin DV, Likhatchev KN, Zyuleva MV, Dolgikh OV. Characteristics of the immune and neuroendocrine status of children exposed to non-ionizing radiation in the school environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):24–32. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32

Author information:

✉ Dmitry V. **Lanin**, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Immunobiological Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; Professor, Department of Microbiology and Immunology, Perm State National Research University; Professor, Department of Immunology, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner; e-mail: dlan@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1557-0589.

Konstantin N. **Likhatchev**, Hygienist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Perm Region; graduate student, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: doc3000@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9135-2858.

Margarita V. **Zyuleva**, student, Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Biology, Perm State National Research University; e-mail: doubleyou.11@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8523-3318.

Oleg V. **Dolgikh**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Immunobiological Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; Professor, Department of Microbiology and Immunology, Perm State National Research University; e-mail: root@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4860-3145.

Author contributions: study conception and design, analysis and interpretation of results: *Lanin D.V., Likhatchev K.N., Zyuleva M.V., Dolgikh O.V.*; data collection: *Lanin D.V., Likhatchev K.N., Zyuleva M.V., Dolgikh O.V.*; draft manuscript preparation: *Lanin D.V., Likhatchev K.N., Zyuleva M.V., Dolgikh O.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was conducted in compliance with ethical principles for medical research involving human subjects of the revised World Medical Association Declaration of Helsinki 2013. The study design was approved by the Ethics Committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (Minutes No. 11 of January 24, 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: August 17, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. В современном образовательном процессе широко используются информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) [1, 2], предполагающие воздействие на обучающихся физических факторов различной природы [3, 4]. В частности, широко применяются электронные средства обучения (ЭСО)[1], выступающие в роли источников электромагнитного [5–7] и иных видов неионизирующего излучения [8], такие как интерактивные электронные доски [1], различное презентационное оборудование, персональные компьютеры (ПК), планшеты, смартфоны и другая техника. Указанные ЭСО создают не только электромагнитные поля [8], но также световое излучение, влияющее прежде всего на органы зрения [9, 10]; шумовое воздействие, оказывающее влияние на органы слуха [11]; кроме того, могут оказывать воздействие и на другие органы и системы учащихся [12, 13]. Стоит отметить современные реалии в условиях новой коронавирусной инфекции COVID-19 и последствия ряда карантинных мероприятий, среди которых временный, но периодически возникающий переход на дистанционное обучение,

[1] СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс] Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 10.01.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32
Оригинальная исследовательская статья

предполагающий широкое применение учащимися электронных устройств [14], что также добавляет актуальности теме настоящего исследования.

Как показано нами ранее [15, 16] регуляторные (адаптивные) системы, к которым помимо нейроэндокринной с современных позиций относится и иммунная, подвергаясь воздействию различных факторов окружающей среды [17, 18], могут изменять свои функции, что может приводить как к явным патологическим изменениям данных органов и систем (прямой эффект) [19], так и, учитывая их регуляторную функцию, к изменению работы или даже патологии других органов и систем (опосредованный эффект). Данные изменения на примере воздействия химических факторов среды обитания хорошо документированы в монографии [15]. Однако проблема доказанного воздействия физических факторов на регуляторные системы в современной литературе освещена недостаточно.

Цель: оценить особенности иммунного и нейроэндокринного статусов школьников, обучающихся в условиях воздействия гетерогенных физических факторов неионизирующей природы, и провести анализ связи изменений параметров регуляторных систем с изученными физическими факторами.

Материалы и методы. Объектами исследования явились учащиеся общеобразовательных учреждений Пермского края. Обследованные обучались в гимназии г. Перми (объект № 1, группа наблюдения – 144 человека), а также в средней общеобразовательной школе (СОШ) города Кунгура Пермского края (объект № 2, группа сравнения – 114 человек). Исследуемые группы были разделены на подгруппы в зависимости от «ступеней» обучения согласно классификации, установленной в Федеральном законе от 29 декабря 2012 г. № 273 «Об образовании в Российской Федерации»[2]: начальную (возраст 6–8 лет), основную (возраст 12–15 лет) и среднюю (старшие классы; возраст 16–19 лет) школы. Группа наблюдения состояла из 66 девочек и 48 мальчиков, из них: начальная школа – 27 девочек, 21 мальчик, основная школа – 15 девочек, 13 мальчиков, средняя школа – 24 девушки, 14 юношей. Количество детей и подростков группы сравнения в подгруппах составляло: начальная школа – 16 девочек, 18 мальчиков, основная школа – 30 девочек, 25 мальчиков, средняя школа – 36 девочек, 19 мальчиков. Всего в данной группе было 82 девочки, 62 мальчика.

Первый этап исследования представлял проведение натурных измерений физических факторов неионизирующей природы в учебных классах подгрупп в обоих учебных заведениях. На рабочих (учебных) местах в каждой из исследованных классных комнат были измерены эквивалентные (экв.) уровни звука (шума), освещенности искусственной, коэффициента пульсации освещенности, электромагнитного излучения, включающего напряженность электрического поля (НЭП) и плотность магнитного потока (ПМП) частотой от 5 до 400 кГц, аэроионный состав воздуха. На объектах обследовано по 5 классных комнат (всего 10, их них 8 кабинетов для «теоретических» занятий – по 4 в каждом учреждении, и 2 кабинета информатики – по 1 в каждом объекте), в классной комнате – от 15 до 33 учебных мест. Измерения уровней физических факторов неионизирующей природы проводились согласно действующим на момент исследования нормативно-методическим документам, приборы имели действующие сертификаты поверки. Полученные результаты фиксировали с оформлением специальной документации и сравнивали, ориентируясь на гигиенические нормативы. Измерения шума проводили шумомером – анализатором спектра, виброметром портативным «Октава-110А» по методикам: ГОСТ 23337-2014[3], МУ № 1844-78[4]. Исследование уровней искусственной освещенности и коэффициента пульсации освещенности проводилось прибором люксметр-пульсметр «Аргус-07» по ГОСТ 24940-2016[5], ГОСТ 33393-2015[6]. Измерение воздействующих на учащихся электромагнитных составляющих проводилось измерителем параметров электрического и магнитного полей «трехкомпонентный ВЕ-метр-АТ-003» по методике, указанной в СанПиН 2.2.4.3359–16[7]. Для измерения количества отрицательных и положительных ионов в воздухе исследуемых объектов применялся счетчик аэроионов «МАС-01» согласно методике МУК 4.3.1675–03[8].

Проведено анкетирование педагогических работников исследуемых объектов и анализ расписания уроков групп наблюдения и сравнения. Анкетирование проведено во взаимосвязи с анализом расписания уроков исследуемых объектов на предмет времени работы с ЭСО. Кроме того, с целью верификации анкетных данных проведен хронометраж времени работы с электронными устройствами на уроках.

Второй этап исследования представлял собой изучение показателей иммунной и нейроэндокринной систем школьников.

Все обследования проводились с соблюдением этических принципов медицинских исследований с участием человека в качестве объекта исследования согласно Хельсинкской декларации ВМА в редакции 2013 г.[9]

С целью маркирования изменений иммунологических параметров проводилось CD-фенотипирование, определение фагоцитарной активности лейкоцитов, концентрации ряда иммуноглобулинов

[2] Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 30 декабря 2021 г.) Режим доступа: СПС КонсультантПлюс. 2022 (дата доступа: 10.01.2022).

[3] ГОСТ 23337-2014 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». М.: Стандартинформ, 2015. 20 с.

[4] МУ № 1844–78 «Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах». Утверждены Зам. Главного государственного санитарного врача СССР А.И. Заиченко 25 апреля 1978 г.

[5] ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности». М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.

[6] ГОСТ 33393-2015 «Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности». М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.

[7] СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

[8] МУК 4.3.1675–03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха». Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко 29 июня 2003 г.

[9] Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013) [электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/law/helsinskaya_deklaraciya_vsemirnoj_medicinskoj_associacii/

(Ig) и цитокинов. CD-фенотипирование включало определение относительного и абсолютного числа $CD3^+$-, $CD3^+CD25^+$-, $CD3^+CD95^+$-, $CD3^+CD4^+$-, $CD3^+CD8^+$-, $CD19^+$-, $CD16^+56^+$-лимфоцитов при помощи цитофлюориметра FACSCalibur с помощью коммерческих наборов (Becton Dickinson, США). Исследование системы общего фагоцитоза проводили с использованием в качестве объектов фагоцитоза формалинизированных эритроцитов барана[10]. Содержание сывороточных иммуноглобулинов A, G, M изучали методом радиальной иммунодиффузии по Манчини. Исследование концентрации IgE и цитокинов (интерлейкины (IL): IL-4, IL-10, интерферон-гамма (IFNγ)), а также идентификацию показателей нейроэндокринного статуса (Т4 свободный, ТТГ, кортизол) проводили с помощью тест-систем для ИФА («Вектор-Бест», РФ; «Хема-Медика», РФ).

Статистическая обработка материала. Для большинства параметров рассчитывали значение средней арифметической и ее стандартной ошибки ($M \pm m$). В этом случае статистическую значимость различий оценивали по непарному *t*-критерию Стьюдента. При неправильном распределении показателя (оценка времени использования электронных средств обучения во время уроков) в выборке применялся расчет медианного значения показателя (медианы). Для оценки причинно-следственных связей между исследованными физическими факторами и показателями иммунной и нейроэндокринной систем использован анализ моделей логистической регрессии.

Результаты. В ходе исследования на объекте № 1 (гимназия) установлено наличие следующих источников (оборудование), генерирующих изучаемые физические факторы: лампы дневного света, интерактивные (умные) доски (Smartboard SBD600 series) – по одной доске в каждом из классов, передатчики Wi-Fi-сигнала (роутеры) – по одному аппарату в каждой классной комнате. Указанное оборудование и его расположение в исследуемых комнатах (помещениях) носит однотипный характер. Исключение составляет кабинет информатики, в котором кроме перечисленного имеются персональные компьютеры на каждом рабочем месте (персональное место учащегося) общим числом 15, что соответствовало п. 9.1 СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03[11]. Обследование СОШ (объект № 2) установило наличие источников неионизирующего излучения, которые могут либо могли оказать воздействие на обучающихся. А именно световая среда: лампы общего освещения, представленные в основном люминесцентными лампами, размещенными на потолке. Электромагнитная среда (за исключением сотовой связи): персональные компьютеры, представленные только в кабинетах информатики, на занятиях теоретических дисциплин не использовались. Передатчики Wi-Fi сигнала (роутеры) отсутствуют. Звуковая среда (шумовое воздействие) в обоих учреждениях представлена уровнями звука при образовательном процессе в естественных условиях.

На момент проведения обследования персональные смартфоны и планшеты во время очных занятий на исследуемых объектах не использовались и их воздействие на обучающихся не учитывалось.

Согласно анализу анкет во взаимосвязи с расписанием уроков освещенность искусственная и коэффициент пульсации освещенности на обоих объектах принимались равный 40 минутам воздействия на всех уроках (то есть фактически присутствует постоянно). Установлено, что в гимназии интерактивные электронные доски используют практически все преподаватели за исключением учителей физкультуры и технологии. Время использования данного оборудования на большинстве уроков составляет в начальной школе от 3 до 40 минут (медианное значение – 10 минут). В основной школе время использования умной доски составило от 5 до 10 минут (медианное значение – 7,5 минуты). В старшей школе время использования смартборда составило от 5 до 10 минут (медиана – 7,5 минуты). При этом на информатике время использования ПК на каждом рабочем месте каждым учеником составило 40 минут (все время занятия). Частота урока в основной и старшей школе – 1 раз в неделю. Приведенные выше данные подтверждаются как данными анкетирования учителей, так и собственными натурными наблюдениями (хронометражем). На объекте № 2 (СОШ) в процессе обучения дополнительные источники, излучающие электромагнитное поле, используются только на уроке информатики 1 раз в неделю в течение 40 минут и только в основной и старшей школе. В то время как в гимназии дополнительное оборудование (интерактивная доска) применяется практически на всех «теоретических» уроках и во всех изученных подгруппах. Также в гимназии в каждом классе находится маршрутизатор (роутер), который отсутствует в общеобразовательной школе. Компьютеры используются в обоих изученных объектах примерно в сходных режимах – в основной и старшей школе.

Звуковая среда на объектах складывалась в основном из шума оборудования классных комнат, речи преподавателей и учеников, работы звуковоспроизводящего оборудования (при наличии в плане занятия), экв. уровень звука во всех подгруппах не превышал 65 дБ (табл. 1). По данным анкет время воздействия этого фактора составляло от 20 до 40 минут и по субъективным ощущениям преподавателей и учеников уровень звука был для них комфортным.

Уровни искусственной освещенности на обоих объектах во всех подгруппах составили более 300 лк и соответствовали нормативным значениям для учебных классов в образовательных организациях (табл. 1).

Гигиенический анализ показателей электромагнитного излучения показал, что измеренные значения на обоих объектах не превышали предельно допустимых уровней (табл. 1). Вместе с тем имеется незначительное повышение измеренных значений (статистически незначимое) на объекте

[10] Каплин В.Н. Нетрадиционная иммунология инфекций // ПГМА. 1996. 163 с.

[11] СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», имел статус «действующий» на момент проведения обследования объекта (с 01.01.2021 СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 отменен, заменен на СП 2.4.3648–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», утвержденные постановлением государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 1. **Результаты измерений уровней физических факторов в обследованных общеобразовательных учреждениях ($M \pm m$; $p < 0,05$)**

Table 1. **Results of measurement of environmental physical parameters at schools ($M \pm m$; $p < 0.05$)**

Показатели / Parameters	ПДУ / Permissible range	Объект № 1 (гимназия) / Object 1 (gymnasium)			Объект № 2 (школа) / Object 2 (school)		
		начальная школа / elementary school	основная школа / secondary school	средняя школа / high school	начальная школа / elementary school	основная школа / secondary school	средняя школа / high school
Экв. уровень звука, дБА / Equivalent sound level, dBA	< 65[12]	59,8 ± 0,37	59,5 ± 0,23	59,5 ± 0,42	60,6 ± 0,03	50,6 ± 0,39	55,7 ± 0,83
Освещенность, лк / Illumination, lux	≥ 300	557,6 ± 0,34	545,7 ± 5,31	570,7 ± 2,46	554,8 ± 4,06	544,7 ± 3,75	560,6 ± 3,15
Аэроионы+, ион/см^3 / Positive air ions, ion/cm^3	< 50 000	н.п.о.* / bdl	н.п.о. / bdl	н.п.о. / bdl	1302,2 ± 6,14	1300,8 ± 6,91	1295,4 ± 6,64
Аэроионы–, ион/см^3 / Negative air ions, ion/cm^3	600–50 000	113,1 ± 0,67	113,0 ± 0,9	113,3 ± 1,42	1587 ± 13,1	1422,8 ± 5,14	1518,9 ± 4,25
НЭП 5Гц – 2кГц, В/м / EFS 5 Hz – 2 kHz, V/m	≤ 25	5,97 ± 0,09	9,19 ± 0,24	9,58 ± 0,69	6,09 ± 0,09	7,41 ± 0,12	6,16 ± 0,11
НЭП 2–400 кГц, В/м / EFS 2–400 kHz, V/m	≤ 2,5	0,76 ± 0,04	0,89 ± 0,06	1,38 ± 0,09	0,84 ± 0,05	0,95 ± 0,04	0,66 ± 0,04
ПМП 5Гц – 2 кГц, мТл / MFD 5 Hz – 2 kHz, mT	≤ 250	69,2 ± 1,99	132,5 ± 2,28	135,8 ± 3,91	71,9 ± 2,4	89 ± 2,01	76,8 ± 2,09
ПМП 2–400 кГц, мТл / MFD 2–400 kHz, mT	≤ 25	5,97 ± 0,07	10,1 ± 0,12	8,92 ± 0,38	5,99 ± 0,09	6,46 ± 0,07	6,27 ± 0,12

Примечание: * – н.п.о.– ниже предела обнаружения.

Notes: bdl, below detection limit; EFS, electric field strength; MFD, magnetic flux density.

№ 2 по сравнению с объектом № 1, что может быть объяснено наличием дополнительных источников электромагнитного излучения от ЭСО, отсутствующих на объекте № 2.

Аэроионный состав воздуха. Выявлено недостаточное количество отрицательных и положительных аэроионов в воздухе учебных кабинетов всех подгрупп объекта № 1 (табл. 1). Концентрации отрицательных и положительных ионов в воздухе классных комнат начальной, основной и средней школ на объекте № 2 соответствовали норме. Вместе с тем вопрос влияния аэроионного состава на здоровье человека является достаточно дискуссионным [20].

Таким образом, гигиенический анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что комплекс изученных физических факторов неионизирующей природы, воздействующих на обучающихся данных учебных заведений, не превышал предельно допустимых уровней ни по одному из изученных параметров за исключением аэроионного состава воздуха.

В связи с тем что на объекте № 1 выявлено наличие дополнительных источников электромагнитного излучения по сравнению с объектом № 2, была проведена сравнительная оценка иммунологических и нейроэндокринных показателей у школьников, посещающих данные учебные заведения (2-й этап исследования). Результаты представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ показателей иммунной системы детей обучающихся в начальной школе показал, что в группе наблюдения не обнаружено статистически значимых изменений врожденного звена клеточного иммунитета (фагоцитоза) как по отношению к норме, так и в сопоставлении с группой сравнения (табл. 2). Установлена тенденция к снижению показателей клеточного и гуморального иммунитета в группе наблюдения по отношению к группе сравнения. Обнаружено снижение количества лимфоцитов, экспрессирующих $CD3^+CD25^+$-рецепторы у детей в группе наблюдения, как по отношению к группе сравнения, так и относительно физиологической нормы по абсолютным и относительным значениям. Отмечается снижение IL-4 и повышение IFN-γ относительно группы сравнения. Наблюдается снижение стрессового гормона кортизола и T_4 свободного в группе «гимназистов» в сравнительном отношении к группе «школьников».

При анализе показателей иммунной системы у детей группы наблюдения основной школы установлена значительно большая вариативность в показателях, характеризующих экспрессию различных рецепторов лейкоцитов по сравнению с начальной школой (табл. 2). Так, выявлено повышение в группе «гимназистов» $CD19^+$-лимфоцитов, $CD3^+CD8^+$-лимфоцитов как по относительным, так и по абсолютным показателям. А также понижение относительного числа $CD3^+$-лимфоцитов и $CD3^+CD25^+$-лимфоцитов. Обнаружено повышение $CD19^+$-лимфоцитов (абс.) и понижение $CD3^+CD25^+$-лимфоцитов (отн.) в группе наблюдения по отношению к физиологической норме. Кроме того, установлено снижение индекса $CD4^+/CD8^+$. В гуморальном звене наблюдается снижение IgA в группе наблюдения по отношению к группе сравнения, при этом в обеих группах данный показатель не выходит за пределы физиологической нормы. Как видно из табл. 2, фагоцитарная активность повышена как по проценту фагоцитоза, так и по фагоцитарному числу в группе наблюдения при сопоставлении с группой сравнения. В основном звене наблюдаются разнонаправленные изменения экспрессии цитокинов: IL-4 (понижение) и IFN-γ

[12] В связи с отсутствием в санитарном законодательстве РФ нормативного регулирования ПДУ для образовательного процесса нами была принята норма не более 65 дБА (по разным источникам шум громкой речи человека составляет от 50 до 70 дБ, не считая задействованной в образовательном процессе звуковоспроизводящего оборудования и т. п.)

Таблица 2. **Результаты иммунологического и нейроэндокринного обследования детей групп наблюдения и сравнения ($p < 0,05$)**

Table 2. **Results of immunological and neuroendocrine examinations of the study populations ($p < 0.05$)**

Показатель / Parameter	Физиол. норма / Normal range	Группа наблюдения / Exposed group ($M \pm m$)	Группа сравнения / Unexposed group ($M \pm m$)
Начальная школа / Elementary school			
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3/ $CD3^+CD25^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,1–0,3	0,086 ± 0,036	0,203 ± 0,087
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD25+$ lymphocytes, %	5–12	3,6 ± 1,477	7,4 ± 3,020
IgG, г/дм^3 / IgG, g/dm^3	10,96–16	10,096 ± 0,641	11,758 ± 0,531
Интерлейкин-4, пг/мл / Interleukin-4, pg/mL	0–4	0,455 ± 0,252	1,555 ± 0,401
Интерферон-гамма, пг/мл / Interferon gamma, pg/mL	0–15	5,077 ± 0,798	2,287 ± 0,375
Кортизол, нмоль/см^3 / Cortisol, nmol/cm^3	140–600	207,0 ± 22,2	295,2 ± 40,6
T_4 свободный, пмоль/л / Free T_4, pmol/L	10–25	12,9 ± 0,519	14,9 ± 0,469
Основная школа / Secondary school			
$CD19^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD19^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,09–0,66	0,414 ± 0,059	0,269 ± 0,081
$CD19^+$-лимфоциты, % / $CD19^+$ lymphocytes, %	6–25	17,95 ± 2,962	11,9 ± 2,91
$CD3^+$-лимфоциты, % / $CD3^+$ lymphocytes, %	55–84	55 ± 6,825	67,5 ± 6,559
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD25^+$ lymphocytes, %	5–12	4,3 ± 0,628	9,6 ± 4,527
$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, *n,* 10^9/dm^3	0,19–1,14	0,731 ± 0,103	0,558 ± 0,143
$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, %	13–41	30,75 ± 3,010	24,3 ± 3,2
$CD4^+/CD8^+$, усл. ед. / CU	0,8–4,2	1,271 ± 0,184	1,628 ± 0,301
IgA, г/дм^3/ g/dm^3	1,1–3	1,534 ± 0,138	1,911 ± 0,223
Процент фагоцитоза, % / Phagocytic index, %	35–60	53,745 ± 2,030	47,714 ± 2,808
Фагоцитарное число, у.е. / Phagocytic number, CU	0,8–1,2	1,043 ± 0,069	0,894 ± 0,081
Интерлейкин-4, пг/мл / Interleukin-4, pg/mL	0–4	0,427 ± 0.115	0,971 ± 0,485
Интерферон-гамма, пг/мл / Interferon-gamma, pg/mL	0–15	4,806 ± 0,469	2,235 ± 0,454
Кортизол, нмоль/см^3 / Cortisol, nmol/cm3	140–600	205,9 ± 22,981	272,5 ± 40,782
T_4 свободный, пмоль/л / Free T_4, pmol/L	10–25	13,141 ± 0,546	14,586 ± 0,556
Средняя школа / High school			
$CD19^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD19^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,09–0,66	0,412 ± 0,065	0,221 ± 0,127
$CD19^+$-лимфоциты, % / $CD19^+$ lymphocytes, %	6–25	18,36 ± 2,144	9 ± 4,403
$CD3^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD3^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,69–2,54	1,246 ± 0,158	1,655 ± 0,197
$CD3^+$-лимфоциты, % / $CD3^+$ lymphocytes, %	55–84	55,84 ± 4,321	69,667 ± 5,084
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD3^+CD25^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,1–0,3	0,142 ± 0,049	0,234 ± 0,057
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD25^+$ lymphocytes, %	5–12	6,44 ± 2,428	10 ± 3,042
$CD3^+CD4+$-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3/ $CD3^+CD4^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,41–1,59	0,891 ± 0,095	0,632 ± 0,125
$CD3^+CD4^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD4^+$ lymphocytes, %	31–60	40,36 ± 2,613	26,5 ± 4,289
$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3 / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	0,19–1,14	0,608 ± 0.111	0,931 ± 0,179
$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, %	13–41	27,12 ± 3,371	39,167 ± 5,84
$CD4^+/CD8^+$, усл. ед. / CU	0,8–4,2	1,634 ± 0,249	0,698 ± 0,191
IgM, г/дм^3 / g/dm^3	1,1–2,5	1,466 ± 0,079	1,292 ± 0,117
Фагоцитарный индекс, у.е. / Phagocytic index, CU	1,5–2	1,954 ± 0,065	1,811 ± 0,091
T_4 свободный, пмоль/л / Free T_4, pmol/L	10–25	13,275 ± 0,523	15,581 ± 0,487

(повышение) по отношению к группе сравнения. При анализе нейроэндокринной системы установлено снижение таких показателей, как кортизол и T_4 свободный в группе наблюдения по сравнению с СОШ.

При анализе особенностей экспрессии CD-рецепторов на поверхности лимфоцитов у учащихся средней школы (старшие классы) группы наблюдения обнаружено повышение $CD19^+$-, $CD3^+CD4^+$-лимфоцитов по относительным и абсолютным показателям по отношению к группе сравнения. Одновременно у данной группы наблюдается снижение $CD3^+$-, $CD3^+CD25^+$-, $CD3^+CD8^+$-лимфоцитов по абсолютным и относительным показателям по сравнению с сопоставляемой группой (Кунгур). Обращает на себя внимание однонаправленность изменений экспрессии CD-рецепторов в основной и старшей школе за исключением $CD3^+CD8^+$. Соответственно, в старшей школе в группе наблюдения в отличие от основной школы найдено повышение индексного показателя $CD4^+/CD8^+$. Отметим, что анализ изменений иммунологических показателей группы наблюдения старшей школы позволил установить повышение маркеров гуморального иммунитета IgM и маркеров врожденного иммунитета (фагоцитарный индекс) относительно группы сравнения. Свободный тироксин «гимназистов» понижен по сравнению со «школьниками» (табл. 2).

Анализ моделей логистической регрессии (табл. 3) между параметрами нейроэндокринной и иммунной систем детей и изученными физическими

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32
Оригинальная исследовательская статья

факторами позволил выявить следующие статистически значимые зависимости по типу «воздействующий фактор – ответ системы». Установлены высокой степени ассоциации однонаправленного повышения показателей субпопуляций лимфоцитов и иммуноглобулинов с параметрами электромагнитного излучения. Так, в частности, напряженность электрического поля и плотность магнитного потока частотой 2–400 кГц воздействует по прямой связи (повышение) на уровни $CD19^+$-лимфоцитов (абс. и отн.) и $CD3^+CD8^+$-лимфоцитов (абс. и отн.) (коэффициент детерминации (R^2) от 0,38 до 0,87). Обнаружена тенденция к повышению IgM при воздействии таких параметров электромагнитного излучения, как напряженность электрического поля и плотность магнитного потока ПК ИКТ частотой 2–400 кГц с коэффициентами детерминации 0,29 и 0,53 соответственно. Однако имеются и противоположные тенденции (обратная зависимость) воздействия изученных факторов на гуморальное звено иммунной системы: так, снижение продукции IgA ассоциировано с воздействием шума (уровни звука, $R^2 = 0,16$).

Таким образом, обнаруженные в настоящей работе в группе наблюдения изменения разной направленности в количественных значениях субпопуляций лимфоцитов и экспрессии иммуноглобулинов могут быть связаны с воздействием таких факторов, как электромагнитное излучение и шум. Установленные ассоциации подтверждают наличие влияния анализируемых физических факторов на иммунную и нейроэндокринную системы.

Обсуждение. Проблема влияния физических факторов среды обитания и, в частности, оборудования, генерирующего эти факторы, на здоровье человека представляет интерес для исследователей как в нашей стране [2, 3, 5], так и за рубежом [4, 8, 10]. Полученные в данном исследовании результаты, свидетельствующие об отсутствии превышения гигиенических нормативов по физическим факторам (шум, освещенность искусственная, электромагнитное излучение) в школьных кабинетах, согласуются с ранее проведенными исследованиями [1], что свидетельствует о внимании и надлежащем контроле к проблеме воздействия современных средств обучения, которые могут генерировать различные виды физических факторов. Обращает на себя внимание изменение аэроионного состава воздуха в некоторых помещениях обследованных учреждений. Аналогичные изменения обнаружены ранее [1] при обследовании аэроионного состав воздуха в классах с интерактивными панелями, в которых наблюдалась более выраженная негативная динамика содержания аэроионов в течение учебного дня, в сравнении с классами с меловыми досками [1]. Однако наличие влияния данного фактора на регуляторные системы является, как говорилось выше, дискуссионным вопросом [21] и требует, на наш взгляд, дальнейшего изучения. При анализе статусов адаптивных систем в данном исследовании в группе наблюдения нами найдены возрастозависимые изменения со стороны ряда показателей как врожденного (фагоцитарная активность), так и приобретенного (субпопуляции лимфоцитов, иммуноглобулины) иммунитета, а также регуляторных цитокиновых молекул (IL-4, IFN-γ). Также найдены значимые изменения содержания в крови группы наблюдения тиреоидных гормонов (во всех изученных возрастных группах) и кортизола (у детей начальной школы). Вызывает интерес отсутствие статистически значимых изменений в содержании кортизола (группа наблюдения в основной и средней школах) и указанных выше цитокинов в старших классах (средняя школа группы наблюдения), что может быть связано с адаптацией организма к учебному процессу в этом возрасте и требует дальнейшего изучения. Необходимо отметить, что большинство доступных работ по изучению физических факторов ограничиваются констатацией факта отсутствия или наличия изменений изучаемых факторов относительно ПДУ [1] и/или констатацией факта изменения отдельных показателей различных органов и систем [2, 5]. Использование

Таблица 3. **Параметры моделей «воздействующий фактор – ответ системы» при воздействии физических факторов школьной среды ($p < 0,05$)**

Table 3. **Parameters of the "influencing factor – system response" models for exposure to physical factors of the school environment ($p < 0.05$)**

Фактор / Factor	Показатель / Indicator	Направленность эффекта / Effect direction	Параметры модели / Model parameters		Критерий Фишера / Fischer's criterion, F	Коэффициент детерминации / Coefficient of determination, R^2
			b0 ± ошибка / b0 ± error	b1 ± ошибка / b1 ± error		
НЭП 2–400 кГц / EFS 2–400 kHz	$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, *n* / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, *n*	Выше / Up	–3,28 ± 0,01	0,992 ± 0,01	98,10	0,55
НЭП 2–400 кГц / EFS 2–400 kHz	$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, % / $CD3^+CD8^+$ lymphocytes, %	Выше / Up	–3,71 ± 0,05	1,88 ± 0,1	35,42	0,34
НЭП 2–400 кГц / EFS 2-400 kHz	$CD19^+$-лимфоциты, % / $CD19^+$ lymphocytes, %	Выше / Up	–2,93 ± 0	0,542 ± 0,004	74,32	0,46
ПМП 2–400 кГц / MFD 2–400 kHz	CD19+-лимфоциты, *n*, 10^9/дм^3 / $CD19^+$ lymphocytes, *n*, 10^9/dm^3	Выше / Up	–7,15 ± 0,15	0,582 ± 0,004	90,05	0,59
НЭП 2–400 кГц / EFS 2–400 kHz	IgM	Выше / Up	–3,83 ± 0,01	0,862 ± 0,014	51,37	0,29
ПМП 2–400 кГц / MFD 2–400 kHz	IgM	Выше / Up	–9,24 ± 0,26	0,964 ± 0,007	141,63	0,53
Экв. уровень звука / Equivalent sound level	IgA	Ниже / Down	0,29 ± 0,153	–0,04 ± 0	37,08	0,16
Экв. уровень звука / Equivalent sound level	$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, *n* / $CD3^+CD25^+$ lymphocytes, *n*	Ниже / Down	8,19 ± 0,692	–0,15 ± 0	108,87	0,48

Abbreviations: EFS, electric field strength; MFD, magnetic flux density.

в данной работе математических моделей позволило доказать, что ряд найденных изменений в статусах иммунной и нейроэндокринной систем у учеников может быть обусловлен воздействием некоторых из изученных физических факторов. Например, найдена связь изменения количества некоторых субпопуляций лимфоцитов с параметрами электромагнитного излучения. Ранее подобный подход применялся для оценки связи между химическими факторами среды обитания и изменениями регуляторных систем у детей, а также работающих взрослых [15, 16, 19]. По нашему мнению, применение математического моделирования для верификации связей между физическими факторами и изменениями со стороны регуляторных систем является достаточно перспективным подходом. В целом необходимо сказать, что наличие изменений в статусах иммунной и нейроэндокринной систем у детей, обучающихся в условиях более широкого применения современных средств электронного обучения и прочего оборудования, генерирующего различные виды физических факторов среды, требует дальнейшего пристального внимания исследователей как в плане прямого влияния на указанные органы и системы физических факторов, так и с учетом возможности опосредованного влияния.

Выводы

1. Таким образом, изученные физические факторы школьной среды в обследованных объектах, за исключением аэроионного состава воздуха, не превышали предельно допустимые уровни санитарно-гигиенических требований. Вместе с тем в гимназии более широко использовались электронные устройства, генерирующие изучаемые физические факторы.

2. Иммунный и нейроэндокринный статусы исследуемых групп на разных этапах обучения (начальная, основная, старшая школы) отличались изменениями экспрессии субпопуляций лимфоцитов, имеющих разнонаправленный характер. Гуморальное звено иммунитета характеризовалось снижением содержания иммуноглобулинов в начальной и основной школе и повышением в средней школе при сопоставлении с группой сравнения. Установлен дисбаланс показателей фагоцитоза в основной и средней школе группы наблюдения по отношению к группе сравнения. Установлено наличие дисбаланса про- и противовоспалительных цитокинов и показателей нейроэндокринной системы у детей начальной и основной школы гимназии.

3. Анализ моделей логистической регрессии позволил констатировать наличие статистически значимых ассоциаций между воздействующими физическими факторами внутришкольной среды (параметры электромагнитного излучения) и ответами иммунной системы обучающихся (уровни $CD19^+$- и $CD3^+CD8^+$-лимфоцитов).

Список литературы

1. Айзятова М.В., Александрова И.Э., Мирская Н.Б., Исакова Н.В., Вершинина М.Г., Фисенко А.П. Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335) С. 15–21. doi: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21
2. Скоблина Н.А., Шпаков А.И., Маркелова С.В., Обелевский А.Г., Кузнецов О.Е. Субъективная оценка студентами влияния факторов риска на зрение при использовании электронных устройств // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 48–52. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-48-52
3. Васильев А.В. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 6. С. 158–165.
4. Barr N, Pennycook G, Stolz JA, Fugelsang JA. The brain in your pocket: Evidence that smartphones are used to supplant thinking. *Comput Human Behav*. 2015;48:473-480. doi: 10.1016/j.chb.2015.02.029
5. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля и здоровье человека. М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2002. 177 с.
6. Науменко А.М., Автушко Г.Л., Уласюк Н.Н. Исследование электромагнитного излучения от систем сотовой связи // Вестник Белорусского национального технического университета. 2011. № 4. С. 44–47.
7. Лаптиева Л.Н., Крикало И.Н. Проблемы электромагнитной безопасности в школьном возрасте // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. 2015. № 2 (46). С. 33–39.
8. Guleria R, Bhushan B, Guleria A, Bhushan A, Dulari P. Non-ionizing radiation and human health. *IJSART*. 2020;6(1):130-135.
9. Чистякова Н.В., Даль Н.Ю., Астахов Ю.С. Влияние света на состояние сетчатки и здоровье в целом: миф или реальность? // Офтальмологические ведомости. 2011. Т. 4. № 3. С. 57–64.
10. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015;112(4):1232-1237. doi: 10.1073/pnas.141849011
11. Гурьев А.В., Туков А.Р., Бушманов А.Ю., Калинина М.Ю. Здоровье мужчин с диагнозом профессиональной нейросенсорной тугоухости // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 38–42. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-38-42
12. Наумов А.Д. Влияние электромагнитных излучений на репродуктивную функцию // Охрана материнства и детства. 2019. № 2 (34). С. 58–61.
13. Duhaini I. The effects of electromagnetic fields on human health. *Physica Medica*. 2016;32(Suppl 3):213. doi: 10.1016/j.ejmp.2016.07.720
14. Мальцев В.А., Мальцев К. В. Пандемия и образование // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 224. № 4. С. 402–415. doi: 10.38197/2072-2060-2020-224-4-402-415
15. Зайцева Н.В., Ланин Д.В., Черешнев В.А. Иммунная и нейроэндокринная регуляция в условиях воздействия химических факторов различного генеза. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. 236 с.
16. Ланин Д.В., Лебедева Т.М. Воздействие химических факторов среды обитания на функции и взаимосвязи регуляторных систем у детей // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 94–96. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-94-96
17. Ланин Д.В. Анализ корегуляции иммунной и нейроэндокринной систем в условиях воздействия факторов риска // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 73–81.
18. Самотруева МА, Ясеневская АП, Цибизова АА, Башкина О.А., Галимзянов Х.М., Тюренков И.Н. Нейроиммуноэндокринология: современные представления о молекулярных механизмах // Иммунология. 2017. Т. 38. № 1. С. 49–59. doi: 10.18821/0206-4952-2017-38-1-49-59
19. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Аминова А.И. и др. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания / под ред. Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат, 2011. 489 с.
20. Петрякова О.Д., Алексеев И.С. Аэроионный состав воздушной среды воздуха рабочей зоны на примере учебного корпуса ВУиТ // Вестник

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-24-32
Оригинальная исследовательская статья

Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2009. № 8. С. 105–108.

References

1. Ayzyatova MV, Aleksandrova IE, Mirskaya NB, Isakova NV, Vershinina MG, Fisenko AP. The impact of using interactive panels in the learning process on the main parameters of the indoor school environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(2(335)):15-21. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21
2. Skoblina NA, Shpakou AI, Markelova SV, Obelevskiy AG, Kuznetsov OE. Subjective evaluation of effects of vision risk factors related to the use of electronic devices by students. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(4(325)):48-52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-48-52
3. Vasilyev AV. Problems of estimation of joint influence of noise and other physical factors on the human's health. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2012;14(6):158-165. (In Russ.)
4. Barr N, Pennycook G, Stolz JA, Fugelsang JA. The brain in your pocket: Evidence that smartphones are used to supplant thinking. *Comput Human Behav*. 2015;48:473-480. doi: 10.1016/j.chb.2015.02.029
5. Grigoriev YuG. [*Electromagnetic Fields and Human Health*.] Moscow: Peoples' Friendship University Publ.; 2002. (In Russ.)
6. Naumenko AM, Avtushko GL, Ulasiuk NN. Investigation of electro-magnetic emission from cell communication systems. *Vestnik Belorusskogo Natsional'nogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2011;(4):44-47. (In Russ.)
7. Laptieva LN, Krikalo IN. [Problems of electromagnetic safety at school age.] *Vestnik Mozyrskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. I.P. Shamyakina*. 2015;(2(46)):33-39. (In Russ.)
8. Guleria R, Bhushan B, Guleria A, Bhushan A, Dulari P. Non-ionizing radiation and human health. *IJSART*. 2020;6(1):130-135.
9. Chistyakova NV, Dal NYu, Astakhov YuS. The effect of light on the condition of the retina and overall health: Myth or reality? *Ophthalmologichskie Vedomosti*. 2011;4(3):57-64. (In Russ.)
10. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015;112(4):1232-1237. doi: 10.1073/pnas.141849011
11. Gurev AV, Tukov AR, Bushmanov AYu, Kalinina MYu. Health of men diagnosed with occupational sensorineural hearing loss. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(12(333)):38-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-38-42
12. Navumau A.D. Effect of electromagnetic radiation on reproductive functions. *Okhrana Materinstva i Detstva*. 2019;(2(34)):58-61. (In Russ.)
13. Duhaini I. The effects of electromagnetic fields on human health. *Physica Medica*. 2016;32(Suppl 3):213. doi: 10.1016/j.ejmp.2016.07.720
14. Maltsev VA, Maltsev KV. Pandemic and education. *Nauchnye Trudy Vol'nogo Ekonomicheskogo Obshchestva Rossii*. 2020;224(4):402-415. (In Russ.) doi: 10.38197/2072-2060-2020-224-4-402-415
15. Zaitseva NV, Lanin DV, Chereshnev VA. [*Immune and Neuroendocrine Regulation under Exposure to Chemical Factors of Various Genesis*.] Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2016. (In Russ.)
16. Lanin DV, Lebedeva TM. The influence of chemical environmental factors on functions and interrelationships of regulatory systems in children. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(1):94-96. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-94-96
17. Lanin DV. The analysis of the co-regulation between the immune and neuroendocrine systems under exposure to risk factors. *Health Risk Analysis*. 2013;(1):73-81. (In Russ.)
18. Samotrueva MA, Yasenevskaya AL, Tsibizova AA, Bashkina OA, Galimzyanov HM, Tyurenkov IN. Neuroimmunoendocrinology: Modern concepts of molecular mechanisms. *Immunologiya*. 2017;38(1):49-59. (In Russ.) doi: 10.18821/0206-4952-2017-38-1-49-59
19. Zaitseva NV, Ustinova OYu, Aminova AI, *et al*. [*Hygienic Aspects of Children's Health Disorders Caused by Exposure to Environmental Chemicals*.] Zaitseva NV, ed. Perm: Knizhnyy Format Publ.; 2011. (In Russ.)
20. Petryakova OD, Alekseev IS. Air ionic composition of working area by the example of Volga University's building. *Vestnik Volzhskogo Universiteta im. V.N. Tatishcheva*. 2009;(8):105-108. (In Russ.)

© Коллектив авторов, 2022

УДК 613.955; 614.876

Риски ухудшения самочувствия младших школьников при использовании телефона в режиме мобильного Интернета

О.А. Вятлева, А.М. Курганский

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский пр., д. 2, стр. 1, г. Москва, 119296, Российская Федерация

Резюме

Введение. Современные дети все больше используют смартфон в режиме мобильного Интернета, при котором воздействие электромагнитного поля усугубляется воздействием свечения экрана, что может неблагоприятно влиять на самочувствие детей. Недостаточная изученность этого влияния и отсутствие данных о режимах использования мобильного Интернета, вредных для здоровья младших школьников, определили актуальность и цель настоящего исследования.

Цель исследования – оценить влияние использования телефона в режиме мобильного Интернета на самочувствие младших школьников и определить параметры такого использования, сопряженные с рисками ухудшения самочувствия детей.

Материалы и методы. Проведено одномоментное исследование 140 московских школьников 1–4-х классов (2017–2019 годы обучения), у которых с помощью анкет оценили параметры использования смартфона в режимах голосового общения и мобильного Интернета, частоту жалоб на самочувствие и неврологический анамнез; измерили плотность потока энергии излучения телефона. У 112 детей с нормальным неврологическим анамнезом (77 использующих и 35 не использующих мобильный Интернет) методами статистики выявлены режимы использования мобильног о Интернета, сопряженные с рисками нарушения самочувствия (жалобы несколько раз в неделю).

Результаты. Использование мобильного Интернета сопряжено у детей с риском неудовлетворенности сном (OR = 6,81; CI 95 % 1,91–24,22), который возникает, когда длительность использования Интернета превышает 8,62 ч/мес., а непрерывный сеанс – 10 мин. Ежедневное использование Интернета повышает риск забывчивости (OR = 5,23; CI 95 % 1,43–19,19), а рост уровня излучения смартфона – неудовлетворенности сном и забывчивости. При невысокой интенсивности использования Интернета (менее 17,74 ч/мес.) дети подвержены риску снижения настроения.

Заключение. Для предупреждения ухудшения самочувствия младшим школьникам желательно исключить использование мобильного Интернета или ограничить время его использования до 8,62 ч/мес.

Ключевые слова: дети, мобильные телефоны, мобильный Интернет, жалобы на самочувствие, электромагнитное излучение.

Для цитирования: Вятлева О.А., Курганский А.М. Риски ухудшения самочувствия младших школьников при использовании телефона в режиме мобильного Интернета // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 33–39. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-33-39

Сведения об авторах:

✉ **Вятлева** Ольга Алексеевна – к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены детей и подростков НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков; e-mail: olgavyat@mail.ru; ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2940-1855.

Курганский Александр Михайлович – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков; e-mail: kurgansk@yandex/ru; ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7688-586X.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Вятлева О.А.*; сбор данных: *Вятлева О.А., Курганский А.М.*; анализ и интерпретация результатов, обзор литературы, подготовка проекта рукописи: *Вятлева О.А.* Оба автора ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Работа выполнялась в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол и дизайн исследования были обсуждены и одобрены локальным этическим комитетом ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России (протокол № 8 от 26.08.2021). До включения в исследование от родителей участников было получено письменное информированное 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: 11.06.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Risks of Ill-Being Posed by Mobile Internet Usage to Younger Schoolchildren

Olga A. Vyatleva, Alexander M. Kurgansky

National Medical Research Center for Children's Health, Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 119296, Russian Federation

Summary

Background: Modern children are noted for increasing mobile Internet usage, during which the electromagnetic field exposure is aggravated by the exposure to the phone screen light, both affecting children's well-being. The relevance and purpose of this study have been determined by insufficient knowledge of effects of this combined exposure and the lack of data on the patterns of mobile Internet usage detrimental to younger schoolchildren's health.

Objective: To assess the impact of mobile Internet usage on the well-being of elementary students and to establish its parameters posing risks of children's ill-being.

Materials and methods: In 2017–2019, a cross-sectional study of 140 Moscow first to fourth graders was conducted using questionnaires to establish the parameters of smartphone use for voice calls and access to mobile Internet as well as the frequency of health complaints and neurological history. In addition, the energy flux of electromagnetic fields generated by the children's cell phones was measured. In 112 students with a normal neurological history, of which 77 used and 35 did not use mobile Internet, the applied statistical methods revealed the parameters of mobile Internet usage posing risks of ill-being, i.e. having certain health complaints several times a week.

Results: Mobile Internet usage was associated with sleep dissatisfaction in the children (OR = 6.81; 95 % CI: 1.91–24.22), which occurred when the monthly Internet usage exceeded 8.62 hours and a session length was more than 10 minutes. Daily Internet usage increased the risk of forgetfulness (OR = 5.23; 95 % CI: 1.43–19.19) while higher levels of smartphone radiation correlated with both sleep dissatisfaction and forgetfulness. A low intensity of mobile Internet usage (less than 17.74 hours a month) was associated with low mood in the study population.

Conclusion: To prevent ill-being, younger students shall be advised to exclude mobile Internet usage or to limit it to 8.62 hours per month.

Keywords: children, mobile phones, mobile Internet, health complaints, electromagnetic radiation.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-33-39
Оригинальная исследовательская статья

For citation: Vyatleva OA, Kurgansky AM. Risks of ill-being posed by mobile internet usage to younger schoolchildren. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):33–39. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-33-39

Author information:
✉ Olga A. **Vyatleva**, Cand. Sci. (Biol.), Lead Researcher, Laboratory of Complex Problems of Hygiene of Children and Adolescents, Research Institute of Hygiene and Health Protection of Children and Adolescents; e-mail: olgavyat@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2940-1855.
Alexander M. **Kurgansky**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Complex Problems of Hygienic Evaluation and Expertise, Research Institute of Hygiene and Health Protection of Children and Adolescents; e-mail: kurgansk@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7688-586X.
Author contributions: study conception and design: *Vyatleva O.A.*; data collection: *Vyatleva O.A., Kurgansky A.M.*; analysis and interpretation of results, literature review, draft manuscript preparation: *Vyatleva O.A.* Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: The research was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the National Medical Research Center of Children's Health, Minutes No. 8 of August 26, 2021. Written informed consent was obtained from parents of all study 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 11, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Устройства мобильной связи (абонентские терминалы) широко распространены среди современных детей и подростков. Частным случаем такого устройства является мобильный телефон (МТ), который представляет собой открытый и неконтролируемый источник сверхвысокочастотного электромагнитного поля (ЭМП). Большинство детей с началом обучения в школе начинают пользоваться собственным МТ. При разговорах по МТ наиболее сильному воздействию подвергается головной мозг, который в силу возрастных морфофизиологических особенностей детей наиболее подвержен у них неблагоприятному влиянию ЭМП. Повышение интенсивности разговоров по МТ сопряжено с ухудшением самочувствия детей и подростков [1–5]. С появлением мобильного Интернета (МИ) все больше школьников начинают использовать МТ в качестве мини-компьютера. В отличие от стационарных компьютеров и планшетов МТ как устройство для работы в Интернете обладает более высоким потенциальным риском для здоровья детей и подростков. Это связано с наличием СВЧ-излучения, светящегося экрана, малыми размерами устройства, что повышает нагрузку на зрение и костно-мышечную систему, а также с возможностью неограниченного использования. Как показывают современные исследования, время, проведенное у экрана МТ, является дополнительным фактором, определяющим неблагоприятное влияние мобильной связи на самочувствие человека [6]. При увеличении времени, проведенного у экрана, у детей отмечаются нарушения сна [7–16] в виде трудностей засыпания [9], укорочения длительности сна [9, 10], неудовлетворенности его качеством [10]. Эти нарушения способствуют снижению уровня бодрствования в течение следующего дня [12, 13]. Негативное влияние экрана на сон обусловлено угнетающим воздействием коротковолнового (синего) компонента его свечения на выработку мелатонина, участвующего в регуляции ритмов сна и бодрствования [7]. Длительное пребывание у экрана сопровождается у детей и подростков также повышением частоты головных болей [14, 15] и психоэмоциональными нарушениями [16–20], в частности депрессивными расстройствами [18].

В настоящее время в условиях быстрого развития мобильной связи и снижения уровня излучения современных МТ интенсивность использования МТ в режиме МИ, как показывают исследования, является более значимым для здоровья детей и подростков фактором, чем уровень использования МТ в качестве средства голосового общения [21, 22]. При использовании МИ неблагоприятное для здоровья детей влияние экрана усугубляется воздействием радиочастотного ЭМП МТ, максимум которого приходится на кисти рук. Как показало исследование взрослых[1], хроническое облучение кистей рук такого уровня может вызывать серьезные нарушения нейровегетативной регуляции и даже развитие нейропатий конечностей. Широкое использование МИ современными детьми при недостаточной изученности влияния МИ и его режимов на самочувствие школьников определили актуальность и новизну настоящего исследования.

Цель – оценить влияние использования телефона в режиме мобильного Интернета на самочувствие младших школьников и определить параметры такого использования, сопряженные с рисками ухудшения самочувствия детей.

Материалы и методы. В одномоментном исследовании приняли участие 140 московских школьников 1–4-х классов (2017–2019) владельцев МТ. Критерии включения в исследование – школьник 1–4-го класса, пользующийся мобильным телефоном. С помощью анкетирования детей и родителей были собраны данные о параметрах использования мобильного телефона в режимах голосового общения и мобильного Интернета, об осложнениях неврологического анамнеза и о частоте жалоб на самочувствие. Самочувствие оценивали по частоте жалоб на головные боли, головокружения, трудности засыпания, неудовлетворенность сном, тревогу, сниженное настроение, невнимательность, забывчивость. Оценивали количество простудных заболеваний с высокой температурой в течение года. Частые жалобы на перечисленные симптомы (несколько раз в неделю), 4 и более простуд в год расценивали как клинически значимые (КЗЖ). По анкете определяли частоту пользования МИ (ЧМИ), длительность пребывания у экрана смартфона за месячный период (ДМИ), максимальную длительность непрерывного сеанса МИ (ДС) и ежедневную длительность разговоров по МТ через оператора мобильной связи (ОДР). При помощи прибора ПЗ-33М у 81 учащегося была измерена

[1] Карпикова Н.И. Клинико-нейрофизиологическое исследование состояния нервной системы работающих в ближней зоне пачечно-импульсного СВЧ-облучения низкой интенсивности: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1995.

максимальная плотность потока энергии (ППЭ) ЭМП МТ у его лицевой панели[2] в режиме приема звонка без снятия трубки; у 26 из них – также в режиме МИ. Для оценки уровня излучения МТ у головы ребенка при использовании им МИ подобное измерение ППЭ проводили на удалении от лицевой панели МТ, равном расстоянию от ладони до лба. Это расстояние измеряли у каждого ребенка в позе работы с МИ.

Определены статистические параметры распределения значений ЧМИ, ДМИ, ДС, ОДР (на выборке из 140 школьников) и ППЭ. У 112 детей с нормальным неврологическим анамнезом (77 детей, использующих МИ и 35 детей контрольной группы) с помощью программы Statistica по критерию Спирмена вычисляли корреляции частоты жалоб на самочувствие с уровнем излучения МТ и режимами использования МИ. На основании статистического распределения каждого параметра пользования МИ в соответствии со значениями квартилей были сформированы группы школьников, в разной степени использующих МИ. Проведено сравнение этих групп по доле детей с КЗЖ на самочувствие (критерий Хи-квадрат). Методом расчета рисков[3] определены критические параметры пользования МИ, сопряженные с рисками увеличения таких жалоб.

Результаты. Исследование показало, что у современных младших школьников время пользования смартфоном в режиме мобильного Интернета (Me = 17,74; нижний и верхний квартили: 8,62 и 53,24 ч/мес.) значительно превосходит время разговоров по нему через оператора мобильной связи (Me = 3,04; нижний и верхний квартили: 1,14 и 5,07 ч/мес.). Максимальная длительность сеанса (ДС) МИ у большинства составила от 10 мин до 1 ч (Me = 30,0; нижний и верхний квартили: 10,0 и 60,0 мин).

ППЭ, измеренная у лицевой панели МТ, зависела от типа МТ и была значительно выше для «кнопочных» МТ (Me = 201,5; нижний и верхний квартили: 101 и 240 мкВт/см^2), чем для смартфонов (Me = 12,45; нижний и верхний квартили: 1,4 и 82,4 мкВт/см^2). Она соответствовала уровню ЭМП у головы во время разговора по МТ и у ладони при использовании МИ. ППЭ, измеренная на расстоянии от МТ и соответствующая уровню ЭМП у головы ребенка при использовании МИ, была крайне мала (Me = 0; нижний и верхний квартили: 0 и 0,02 мкВт/см^2). В дальнейшем при анализе данных в качестве характеристики уровня ЭМП МТ были использованы значения ППЭ МТ, измеренные у его лицевой панели.

Корреляционный анализ выявил значимую связь самочувствия детей с режимами использования МИ и уровнем ЭМП МТ, измеренного у лицевой панели (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что уровень ЭМП был положительно связан с частотой жалоб на головокружения, что описано нами ранее как следствие голосового общения по МТ [5], а наличие МИ, частота его использования и длительность сеанса МИ – с жалобами на забывчивость и особенно на неудовлетворенность сном. Корреляции большинства показателей самочувствия с возрастом детей не были значимыми, кроме корреляции между возрастом и частотой жалоб на головные боли ($r = 0{,}31$, $p = 0{,}001$).

В табл. 2 и 3 представлены значения доли детей с частыми (несколько раз в неделю) жалобами на самочувствие в зависимости от режима использования МИ у младших школьников.

Как следует из табл. 2, среди детей, которые пользуются МИ, в сравнении с контрольной группой увеличена доля тех, кто часто испытывает неудовлетворенность сном. Доля детей с частыми жалобами на самочувствие наиболее высока в группе детей, которые пользуются МИ ежедневно. В этой группе наиболее часто встречаются дети с КЗЖ на сон (до 61,65 %), а также на забывчивость (46,2 %). Среди детей, редко использующих МИ (3-я группа), повышена доля тех, кто часто жалуется на головные боли.

Согласно табл. 3, все дети, использующие МИ, независимо от ДМИ и ДС чаще, чем дети КГ, имели КЗЖ на неудовлетворенность сном. Доля детей с КЗЖ на сниженное настроение была повышена (по сравнению с КГ) в группах детей с низкими или очень высокими значениями ДМИ, а также с низкими значениями ДС. При этом группы, сформированные по уровню пользования МИ (ДМИ и ДС), значимо не различались по показателю возраста детей.

Для того чтобы оценить влияние уровня ЭМП МТ на самочувствие детей при использовании МИ, мы сформировали группы сравнения из детей пользователей МИ (табл. 4). Эти группы были однородны по ППЭ, измеренной у лицевой панели МТ и соответствующей уровню ЭМП у ладони при работе с МИ. Сравнение групп между собой по параметрам пользования МИ показало, что они значимо не отличались по возрасту, ЧМИ,

Таблица 1. **Корреляции между параметрами использования мобильного телефона и частотой жалоб на самочувствие**

Table 1. **Correlations between the parameters of mobile phone usage and the frequency of health complaints**

Параметр МТ / Mobile phone parameter — Частота жалоб / Frequency of health complaints	ППЭ / EFD	Наличие МИ / Internet availability	ЧМИ / FMI	ДС / SL
Головокружения / Dizziness	0,24 (0,04)			
Забывчивость / Forgetfulness			0,20 (0,04)	
Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction		0,22 (0,020)	0,30 (0,001)	0,26 (0,010)

Примечание: здесь и далее: ППЭ – максимальная плотность потока энергии МТ, ЧМИ – частота пользования и ДС – максимальная длительность сеанса МИ; числа в таблице: коэффициент корреляции и (в круглых скобках) уровень значимости корреляции.

Notes: here and below: EFD, maximum energy flux density of the cell phone; FMI, frequency of mobile Internet usage, and SL – maximum session length; the numbers in the table are correlation coefficients with the statistical significance of correlations given in parentheses.

[2] СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 «Гигиенические требования по размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 27 с.

[3] Анализ четырехпольных таблиц сопряженности (сравнение процентных долей в двух группах)(онлайн калькулятор). [Электронный ресурс] Режим доступа: https://medstatistic.ru/calculators/calchi.html (дата обращения: 10.08.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-33-39
Оригинальная исследовательская статья

но дети, использующие МТ с самым высоким уровнем ЭМП (4-я группа), имели более низкие значения ДМИ ($p = 0{,}004$) и ДС ($p = 0{,}043$), чем дети 1-й группы.

Сравнение групп по показателям самочувствия продемонстрировало следующее (табл. 4). Дети с КЗЖ на неудовлетворенность сном и забывчивость значимо чаще встречались среди школьников, использовавших МИ на телефоне с ППЭ более 10 мкВт/см^2 (6-я группа, которую составили дети 3-й и 4-й групп), чем среди тех, кто использовал МИ на телефоне с более низкой ППЭ или вообще не использовал МИ (5-я группа, которую составили дети 1-й и 2-й групп, а также 5-я группа вместе с КГ).

Таблица 2. **Доля детей с частыми жалобами на самочувствие в зависимости от наличия и частоты использования МИ**

Table 2. **The proportion of children with frequent health complaints depending on the fact and frequency of mobile Internet usage**

	Группа / Group	Значение параметра / Parameter value	*n*	Головные боли / Headaches	Забывчивость / Forgetfulness	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction
Наличие МИ / Internet availability	1	Да / Yes	77	18,18 (14)	19,48 (15)	38,96 (30)
	КГ / CG	Нет / No	35	8,82 (3)	14,3 (5)	8,57 (3)
ЧМИ / FMI	3	Несколько раз в месяц / Several times a month	37	32,43 (12)	13,5 (5)	35,14 (13)
	4	Несколько раз в неделю / Several times a week	27	7,40 (2)	14,8 (4)	33,33 (9)
	5	Ежедневно / Daily	13	7,69 (1)	46,2 (6)	61,54 (8)
Уровень значимости (Хи-квадрат) / Significance level (Chi-squared)				3 – КГ / CG, $p = 0{,}013$	5 – КГ / CG, $p = 0{,}020$	1 – КГ / CG, $p = 0{,}002$ 3 – КГ / CG, $p = 0{,}007$ 4 – КГ / CG, $p = 0{,}015$ 5 – КГ/ CG, $p < 0{,}001$

Примечание: КГ – контрольная группа; в ячейках таблицы указана доля в % и количество (в скобках) детей с КЗЖ на самочувствие; *n* – объем группы.
Notes: CG, control group; *n* – number of children; cells show the percentage and number (in parentheses) of children with clinically significant complaints.

Таблица 3. **Доля детей с частыми жалобами на самочувствие в зависимости от степени использования МИ**

Table 3. **The proportion of children with frequent health complaints depending on the time spent using mobile Internet**

	Группа / Group	Значение параметра / Parameter value	*n*	Сниженное настроение / Low mood	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction
	КГ / CG	0	35	5,71 (2)	8,57 (3)
ДМИ (ч/мес.) / DMI (hour/month)	1	<8,62	17	35,29 (6)	23,50 (4)
	2	8,62–17,74	15	26,67 (6)	60,00 (9)
	3	17,74–53,24	16	0	37,50 (6)
	4	>53,24	16	25,0 (4)	37,50 (6)
	4*	>17,74	32	12,5 (4)	37,5 (12)
ДС (мин) / SL (min)	5	<10	17	35,29 (6)	29,41(5)
	6	10–30	23	13,04 (3)	47,83 (11)
	7	30–60	12	8,33 (1)	41,67 (5)
	8	>60	10	20,0 (2)	50 (5)
Уровень значимости (Хи-квадрат) / Significance level (Chi-squared)				1 – КГ / CG, $p = 0{,}006$ 2 – КГ / CG, $p = 0{,}003$ 4 – КГ / CG, $p = 0{,}048$ 5 – КГ / CG, $p = 0{,}006$	2 – КГ / CG, $p < 0{,}001$ 3 – КГ / CG, $p = 0{,}012$ 4 – КГ / CG, $p = 0{,}012$ 4* – КГ / CG, $p = 0{,}005$ 5 – КГ / CG, $p = 0{,}051$ 6 – КГ / CG, $p < 0{,}001$ 7 – КГ / CG, $p = 0{,}009$ 8 – КГ / CG, $p = 0{,}003$

Примечание: ДМИ – длительность использования МИ, остальные обозначения как в табл. 2.
Notes: DMI, duration of mobile Internet usage; other designations are as in Table 2.

Таблица 4. **Доля детей с частыми жалобами на самочувствие в группах пользователей МИ, отличающихся по уровню излучения МТ**

Table 4. **The proportion of children with frequent health complaints in the groups of mobile Internet users with different cell phone radiation levels**

ППЭ МТ (мкВт/см²) / EFD (μW/cm²) / Жалобы / Complaints	КГ / CG *n* = 35	1 (< 1) *n* = 11	2 (1–10) *n* = 23	3 (10–100) *n* = 13	4 (> 100) *n* = 13	5 (< 10) *n* = 34	6 (> 10) *n* = 26	Уровень значимости (Хи-квадрат) / Significance level (Chi-squared)
Забывчивость / Forgetfulness	14,28 (5)	18,18 (2)	8,70 (2)	30,77 (4)	38,46 (5)	11,76 (4)	34,62 (9)	6–5, $p = 0{,}021$ 6 – (КГ/CG + 5), $p = 0{,}009$
Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	8,57 (3)	54,54 (6)	43,48 (10)	61,54 (8)	38,46 (5)	47,06 (16)	50,00 (13)	6 – (КГ/CG + 5), $p = 0{,}039$

Примечание: в верхних титульных ячейках: номер группы и (в скобках) соответствующий ей диапазон значений ППЭ; остальные обозначения как в табл. 2 и 3.
Notes: in the upper title cells: the number of the group and the corresponding range of EFD values in parentheses; other designations are as in Tables 2 and 3.

Результаты расчета рисков КЗЖ на самочувствие в зависимости от уровня использования МИ и уровня ЭМП МТ приведены в табл. 5. Из нее следует, что использование МИ в сравнении с его отсутствием (КГ) сопряжено с риском увеличения КЗЖ на неудовлетворенность сном. Этот риск возникает при ДМИ более 8,62 ч/мес. (или 17 мин/день), ДС более 10 мин и при ППЭ более 10 мкВт/см^2. При ежедневном использовании МИ и при использовании его на телефоне с ППЭ более 10 мкВт/см^2 у детей возрастает риск частых жалоб на забывчивость. Интересно отметить, что при низкой интенсивности использования МИ (ДМИ менее 17,74 ч/мес. и ДС менее 10 мин) у детей повышен риск частых жалоб на сниженное настроение.

Обсуждение. Проведенное исследование показало, что по мере роста интенсивности использования МИ дети чаще жалуются на ухудшение самочувствия, в частности на сон и состояние памяти. Согласно результатам нашего исследования, у младших школьников наиболее неблагоприятное влияние МИ оказывает на сон, что согласуется с данными литературы [9, 10, 14, 15]. Даже невысокий уровень использования МИ (> 8,62 ч/мес., или 17 мин/день и максимальная длительность сеанса ≥ 10 мин) повышает риск появления частых (несколько раз в неделю) жалоб на неудовлетворенность сном. При этом увеличение уровня ЭМП МТ у ладони во время пользования МИ также повышает риск частых жалоб на нарушение сна. Ежедневное использование МИ, особенно на МТ с ППЭ > 10 мкВт/см^2, повышает риск КЗЖ на забывчивость.

По данным литературы, краткосрочное и долгосрочное использование экрана у взрослых сопровождается трансформацией нейрофизиологических механизмов памяти, приводящих к ее ухудшению. Эта трансформация состоит в снижении активации областей коры, отвечающих за семантическую и долговременную декларативную память, при ослаблении взаимодействия этих зон [23–26]. Однако, поскольку обследованные нами группы детей с высокой ППЭ МТ отличались меньшей длительностью ежедневного пользования экраном, чем дети с низкой ППЭ, можно предположить, что повышение жалоб на забывчивость связано не столько с воздействием светового излучения экрана, сколько с влиянием ЭМП при использовании МИ.

Необходимо отметить, что измерения ППЭ МТ мы проводили в школе. В этих условиях не могли быть соблюдены все методические указания, использующиеся в настоящее время для нормирования ЭМП мобильных телефонов[4]. Поэтому полученное нами критичное для самочувствия детей значение ППЭ в 10 мкВт/см^2 требует уточнения и может рассматриваться лишь как предварительное и приблизительное. Однако полученные нами данные имеют важное значение, т. к. свидетельствуют о существенном влиянии уровня ЭМП МТ на здоровье ребенка не только

Таблица 5. **Параметры использования МТ в режиме мобильного Интернета, сопряженные с рисками частых (несколько раз в неделю) жалоб на самочувствие у младших школьников**

Table 5. **Parameters of mobile Internet usage posing risks of frequent (several times a week) health complaints in younger schoolchildren**

Параметр пользования МИ / Mobile Internet usage paremeter	Значение параметра / Parameter value	Показатель самочувствия / Health complaint	ОШ / OR	95%-й ДИ / 95 % CI
Наличие МИ / Internet availability	Да // Нет / Yes // No	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	6,81	1,91–24,22
ЧМИ / FMI	Несколько раз в месяц / several times a month // 0	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	5,78	1,48–22,57
	Несколько раз в неделю / several times a week // 0		5,33	1,28–22,26
	Ежедневно / Daily // 0		17,1	3,35–86,90
	Ежедневно / Daily // 0	Забывчивость / Forgetfulness	5,14	1,21–21,80
	Ежедневно / Daily // реже / less often		5,23	1,43–19,19
ДМИ (ч/мес.) / DMI (hour/month)	8,62–17,74 // 0	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	17,5	3,65–83,92
	17,74–53,24 // 0		6,4	1,35–30,37
	> 53,24 // 0		6,4	1,35–30,37
	< 8,62 // 0	Сниженное настроение / Low mood	9,0	1,58–51,26
	8,62–17,74 // 0		11,0	1,89–64,06
ДС (мин) / SL (min)	< 10 // 0	Сниженное настроение / Low mood	9,00	1,58–51,26
	10–30 // 0	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	9,78	2,32–41,22
	30–60 // 0		7,62	1,46–39,62
	> 60 // 0		10,67	1,92–59,20
ППЭ МТ (мкВт/см²) / EFD (μW/cm²)	> 10 //< 10	Забывчивость / Forgetfulness	4,50	1,18–17,03
	> 10 // < 10, включая КГ / including CG		4,00	1,35–11,82
	> 10 // < 10, включая КГ / including CG	Неудовлетворенность сном / Sleep dissatisfaction	4,31	1,62–11,45

Примечание: значение после двойной косой черты – референтное; 0 – отсутствие МИ; остальные значения – как в табл. 2 и 3.
Notes: the value after the double slash is the reference one; 0 – mobile data unavailable on the phone; other designations are as in Tables 2 and 3.

[4] МУК 4.3.1676–03 Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи: Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003. 12 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-33-39
Оригинальная исследовательская статья

при использовании МТ в режиме голосового общения (непосредственно у головы), но и при пользовании МИ, когда МТ значительно удален от головы пользователя.

Поскольку в исследовании приняли участие первоклассники, возникает вопрос: не связано ли обнаруженное нами ухудшение самочувствия у пользователей МИ (в сравнении с КГ) с неблагоприятным последствием их адаптации к школе? Анализ данных показывает, что этот фактор не является значимым для полученных результатов. Во-первых, опрос первоклассников проводился во второй половине учебного года после продолжительного периода адаптации к школе. Во-вторых, по доле первоклассников опытная и контрольная группа значимо не различались (15,7 и 17,1 % соответственно), и, в-третьих, корреляционный анализ не выявил отрицательной связи между возрастом и самочувствием исследованных детей.

Интересные данные получены нами относительно влияния МИ на настроение. Мы обнаружили, что дети с КЗЖ на сниженное настроение значимо чаще встречались среди тех, кто использовал МИ или очень недолго (ДМИ < 8,62 ч/мес.; ДС < 10 мин.), или слишком долго (ДМИ > 53,24 ч/мес.) (табл. 3). По-видимому, недостаточное и избыточное использование МИ одинаково неблагоприятно влияет на эмоциональное благополучие детей, что отмечено и в литературе [20, 27]. Низкая степень использования цифровых устройств в современном мире может ограничивать доступ детей к интересной для них информации, а высокая, напротив, негативно влиять на здоровье и психическое благополучие детей, заменяя собой реальное общение, чтение книг и физические упражнения, и способствовать зависимости от гаджета.

Выводы

1. Использование МИ сопряжено у младших школьников с появлением частых жалоб на неудовлетворенность сном и забывчивость.

2. Риск частых жалоб на неудовлетворенность сном возникает при длительности пользования МИ более 8,62 ч/мес. при максимальной длительности сеанса более 10 мин.

3. При ежедневном пользовании МИ отмечен риск частых жалоб на забывчивость.

4. Низкая (менее 17,74 ч/мес., или 35 мин/день) длительность пользования МИ сопряжена у детей с риском частых жалоб на сниженное настроение.

5. Повышение уровня ЭМП МТ при использовании его в режиме МИ также сопряжено с рисками частых жалоб на неудовлетворенность сном и забывчивость.

Список литературы / References

1. Chiu CT, Chang YH, Chen CC, Ko MC, Li CY. Mobile phone use and health symptoms in children. *J Formos Med Assoc*. 2015;114(7):598–604. doi: 10.1016/j.jfma.2014.07.002
2. Durusoy R, Hassoy H, Özkurt A, Karababa AO. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross-sectional survey among 2150 high school students in Izmir. *Environ Health*. 2017;16(1):51. doi: 10.1186/s12940-017-0257-x
3. Thomas S, Heinrich S, von Kries R, Radon K. Exposure to radio-frequency electromagnetic fields and behavioral problems in Bavarian children and adolescents. *Eur J Epidemiol*. 2010;25(2):135–141. doi: 10.1007/s10654-009-9408-x
4. Вятлева О.А., Курганский А.М. Режимы пользования мобильным телефоном и здоровье детей школьного возраста // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 8. С. 857–862: doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-857-862
4. Vyatleva OA, Kurgansky AM. Modes of use of the cell phone and health of schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(8):857–862. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-857-862
5. Вятлева О.А., Курганский А.М. Риски для здоровья, связанные с режимами использования и уровнем излучения мобильных телефонов у современных младших школьников // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 11. С. 1267–1272. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1267-1271
5. Vyatleva OA, Kurgansky AM. Risks for health associated with use modes and radiation level of cell phones in modern younger schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(11):1267–1271. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1267-1271
6. Вятлева О.А. Влияние пользования смартфонами 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.
6. Vyatleva OA. Influence of use of smartphons on well-being, 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.)
7. Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Appl Ergon*. 2013;44(2):247–240. doi: 10.1016/j.apergo.2012.07.008
8. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(4):1232–1237. doi: 10.1073/pnas.1418490112
9. Hale L, Guan S. Screen time and sleep among school-aged children and adolescents: a systematic literature review. *Sleep Med Rev*. 2015;21:50–58. doi: 10.1016/j.smrv.2014.07.007
10. Falbe J, Davidson KK, Franckle RL, *et al*. Sleep duration, restfulness, and screens in the sleep environment. *Pediatrics*. 2015;135(2):e367–e375. doi: 10.1542/peds.2014-2306
11. Touitou Y, Touitou D, Reinberg A. Disruption of adolescents' circadian clock: The vicious circle of media use, exposure to light at night, sleep loss and risk behaviors. *J Physiol Paris*. 2016;110(4 Pt B):467–479. doi: 10.1016/j.jphysparis.2017.05.001
12. Royant-Parola S, Legris S. Complex relationships between adolescents and their sleep (sleep patterns, use of new media, and impact on next day's activity). *J Dentofacial Anom Orthod*. 2018; 21:102. doi: 10.1051/odfen/2018040
13. Foerster M, Henneke A, Chetty-Mhlanga S, Röösli M. Impact of adolescents' screen time and nocturnal mobile phone-related awakenings on sleep and general health symptoms: A prospective cohort study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(3):518. doi: 10.3390/ijerph16030518
14. Buabbas AJ, Al-Mass MA, Al-Tawari BA, Buabbas MA. The detrimental impacts of smart technology device overuse among school students in Kuwait: a cross-sectional survey. *BMC Pediatr*. 2020;20(1):524. doi: 10.1186/s12887-020-02417-x
15. Chetty-Mhlanga S, Fuhrimann S, Eeftens M, *et al*. Different aspects of electronic media use, symptoms and neurocognitive outcomes of children and adolescents in the rural Western Cape region of South Africa. *Environ Res*. 2020;184:109315. doi: 10.1016/j.envres.2020.109315

16. Liu S, Wing YK, Hao Y, Li W, Zhang J, Zhang B. The associations of long-time mobile phone use with sleep disturbances and mental distress in technical college students: a prospective cohort study. *Sleep*. 2019;42(2):zsy213. doi: 10.1093/sleep/zsy213
17. Kelleci M. The effects of Internet use, cell phones and computer games on mental health of children and adolescents. *TAF Prev Med Bull*. 2008;7(3):253–256.
18. Twenge JM, Joiner TE, Martin G, Rogers ML. Digital media may explain a substantial portion of the rise in depressive symptoms among adolescent girls: response to Daly. *Clin Psychol Sci*. 2018;6(3):296–297. doi: 10.1177/2167702618759321
19. Twenge JM, Joiner TE, Martin G, Rogers ML. Amount of time online is problematic if it displaces face-to-face social interaction and sleep. *Clin Psychol Sci*. 2018;6(4):456–457. doi: 10.1177/2167702618778562
20. Orben A, Przybylski AK. The association between adolescent well-being and digital technology use. *Nat Hum Behav*. 2019;3(2):173–182. doi: 10.1038/s41562-018-0506-1
21. Schoeni A, Roser K, Röösli M. Symptoms and the use of wireless communication devices: A prospective cohort study in Swiss adolescents. *Environ Res*. 2017;154:275–283. doi: 10.1016/j.envres.2017.01.004
22. Вятлева О.А., Курганский А.М. Изменения способа и режимов пользования мобильным телефоном и их связь с самочувствием у младших школьников // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 10. С. 34–40. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-34-40
22. Vyatleva OA, Kurgansky AM. Changes in the method and modes of mobile phone use and their relationship with the well-being in junior schoolchildren. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(10):34–40. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-34-40
23. Dong G, Potenza MN. Short-term Internet-search practicing modulates brain activity during recollection. *Neuroscience*. 2016;335:82–90. doi: 10.1016/j.neuroscience.2016.08.028
24. Dong G, Potenza MN. Behavioural and brain responses related to Internet search and memory. *Eur J Neurosci*. 2015;42(8):2546–2554. doi: 10.1111/ejn.13039
25. Liu X, Lin X, Zheng M, *et al*. Internet search alters intra- and inter-regional synchronization in the temporal gyrus. *Front Psychol*. 2018;9:260. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00260
26. Dong G, Li H, Potenza MN. Short-term internet-search training is associated with increased fractional anisotropy in the superior longitudinal fasciculus in the parietal lobe. *Front Neurosci*. 2017;11:372. doi: 10.3389/fnins.2017.00372
27. Przybylski AK, Weinstein N. A large-scale test of the goldilocks hypothesis: quantifying the relations between digital-screen use and the mental well-being of adolescents. *Psychol Sci*. 2017;28(2):204–215. doi: 10.1177/0956797616678438

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46
Оригинальная исследовательская статья

© Коллектив авторов, 2022
УДК 613.955-612.311.1

Check for updates

Особенности питания у пациентов-подростков при ортодонтическом лечении

Н.В. Тапешкина[1,2], М.М. Тапешкина[2], С.В. Ердеева[1], Т.Г. Корсакова[1]

[1] ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, д. 23, г. Новокузнецк, 654041, Российская Федерация

[2] Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, пр. Строителей, д. 5, г. Новокузнецк, 654005, Российская Федерация

Резюме

Введение. Организация полноценного сбалансированного питания у детей во время ортодонтического лечения должна иметь компенсаторно-профилактическую направленность.

Материалы и методы. Для оценки фактического питания применялся метод 24-часового воспроизведения питания. Выделены две группы детей: контрольная (без зубочелюстных аномалий) и группа сравнения – случай (с брекет-системами). Общая численность выборки составила 57 подростков в возрасте 13–14 лет. Сравнительный анализ качественных и количественных показателей состава пищевого рациона проводился на основании действующих нормативных документов.

Результаты. Выявлен дисбаланс поступления макро- и микронутриентов в рационах питания у всех подростков, который обусловлен разбалансированностью продуктового набора. У школьников, получающих ортодонтическое лечение, дисбаланс был выражен более значительно. В суточном рационе контрольной группы подростков отмечалась достаточная адекватная энергетическая ценность (94,0 % от норм физиологической потребности), в отличие от школьников группы случай (78,1 %). Рационы питания контрольной группы были дефицитны по содержанию общего белка (94,6 %) и углеводов (89,4 %), избыточны по жирам (104,6 %). В группе случай поступление макронутриентов с пищей в среднем составило 78,3 % от нормы. Ограничения использования в питании тех или иных продуктов у подростков с брекет-системами привело к значительному дефициту в рационах мяса (66,3 % от рекомендуемого уровня потребления), рыбы и морепродуктов (37,6 %), яйца (55,0 %), хлебобулочных изделий (45,6 %), картофеля (80,1 %), фруктов (51,6 %), овощей (51,0 %).

Заключение. При ортодонтическом лечении установка брекет-систем является необходимой для устранения зубочелюстных аномалий у некоторых пациентов, однако становится как фактором риска формирования нарушений нутриентного состава питания у подростков, так и фактором риска возникновения деминерализации эмали зубов. Следовательно, необходима разработка рекомендаций по коррекции питания детей в период прохождения ортодонтического лечения.

Ключевые слова: питание, подростки, нутриентный состав, продуктовый набор, ортодонтическое лечение.

Для цитирования: Тапешкина Н.В., Тапешкина М.М., Ердеева С.В., Корсакова Т.Г. Особенности питания у пациентов-подростков при ортодонтическом лечении // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 40–46. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46

Сведения об авторах:

✉ **Тапешкина** Наталья Васильевна – д.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний»; профессор кафедры гигиены, эпидемиологии и здорового образа жизни Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: natasha72.03.24@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5341-8863.

Тапешкина Мария Михайловна – врач-ординатор кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: masha.tapeshkina@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6220-4277.

Ердеева Светлана Васильевна – заведующий научно-консультативным отделением клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний»; e-mail: pol.nii_kpg@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0523-1353.

Корсакова Татьяна Георгиевна – к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний»; e-mail: ecologia_nie@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2512-2541.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста: *Тапешкина Н.В.*; концепция и дизайн исследования, написание текста: *Тапешкина М.М.*; сбор материала и обработка данных: *Ердеева С.В.*; сбор материала и обработка данных: *Корсакова Т.Г.* Все авторы: утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Соблюдение этических стандартов: 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: 27.07.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Characteristics of Nutrition in Adolescent Patients Undergoing Orthodontic Treatment

Natalia V. Tapeshkina,[1,2] Maria M. Tapeshkina,[2] Svetlana V. Erdeeva,[1] Tatyana G. Korsakova[1]

[1] Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23 Kutuzov Street, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

[2] Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 5 Stroiteley Avenue, Novokuznetsk, 654005, Russian Federation

Summary

Background: Organization of healthy and balanced nutrition for children undergoing orthodontic treatment should have a compensatory and preventive focus.

Materials and methods: A 24-hour dietary recall was used to assess actual nutrition of 57 adolescents aged 13–14 years divided into two groups: cases wearing orthodontic bracket systems and controls having no dentoalveolar anomalies. A comparative analysis of qualitative and quantitative parameters of the diet was carried out based on current regulatory documents.

Results: We observed an imbalance in the intake of macro- and micronutrients in the diets of all adolescents caused by an imbalanced food set and being more pronounced in those undergoing orthodontic treatment. The diet of the controls was noted for an adequate daily calorie intake (94.0 % of the recommended value) as opposed to the case group (78.1 %). The diets in the control group were deficient in total protein (94.6 %) and carbohydrates (89.4 %) but excessive in fats (104.6 %). In the case group, the dietary intake of macronutrients was, on the average, 78.3 % of the norm. Restrictions on consumption of certain foods in the diet of adolescents with braces led to a significant deficiency in meat consumption (66.3 % of the recommended value), fish and seafood (37.6 %), eggs (55.0 %), bakery products (45.6 %), potatoes (80.1 %), fruits (51.6 %), and vegetables (51.0 %).
Conclusion: Braces used for orthodontic treatment of dentoalveolar anomalies in some patients become a risk factor for both malnutrition and demineralization of tooth enamel in adolescents. It is therefore necessary to develop recommendations for healthy nutrition of pediatric patients undergoing orthodontic treatment.

Keywords: nutrition, adolescents, nutrient composition, food set, orthodontic treatment.

For citation: Tapeshkina NV, Tapeshkina MM, Erdeeva SV, Korsakova TG. Characteristics of nutrition in adolescent patients undergoing orthodontic treatment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):40–46. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46

Author information:
✉ Natalia V. **Tapeshkina**, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Leading Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Professor, Department of Hygiene, Epidemiology and Healthy Lifestyle, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: natasha72.03.24@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5341-8863.
Maria M. **Tapeshkina**, Resident Physician, Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: masha.tapeshkina@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6220-4277.
Svetlana V. **Erdeeva**, Head of the Scientific Advisory Department, Clinic of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: pol.nii_kpg@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0523-1353.
Tatyana G. **Korsakova**, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; e-mail: ecologia_nie@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2512-2541.

Author contributions: study conception and design: *Tapeshkina N.V., Tapeshkina M.M.*; data collection and processing: *Tapeshkina N.V., Erdeeva S.V., Korsakova T.G.*; draft manuscript preparation: *Tapeshkina N.V., Tapeshkina M.M.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.
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: July 27, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Ведущая роль в сохранении и поддержании здоровья человека принадлежит здоровому образу жизни. И профилактика как инфекционных, так и неинфекционных заболеваний – обязанность каждого гражданина. В современном мире количество людей, нуждающихся в стоматологической помощи, ежегодно увеличивается, особенно среди детского населения [1, 2]. В последнее время пациенты стали обращаться к стоматологам-ортодонтам не только в случаях очевидных показаний к лечению – все чаще врачам приходится сталкиваться с тем, что пациенту требуется изменение положения отдельных зубов даже при незначительном их отклонении от нормы. Как показывают исследования, зубочелюстные аномалии в среднем встречаются в период молочного прикуса – у 24 % пациентов, в период сменного – у 49 %, в период постоянного (в возрасте до 17 лет) – у 35 % [3–7]. Постановка несъемных ортодонтических конструкций, как правило, является для пациентов необходимостью. Постановка брекет-систем имеет свои особенности и возрастные ограничения, при этом проводить раннюю коррекцию прикуса возможно уже в школьном возрасте. Профилактика осложнений у ребенка, обусловленных ортодонтическим лечением, остается актуальной задачей, особенно в период интенсивного роста и развития органов и систем организма [8–11]. Установки ортодонтических конструкций у детей на длительное время (от 1,5–2 года) снижает выбор потребляемых продуктов питания, в большинстве случаев приводит к ухудшению гигиены полости рта. Как следствие, у родителей ребенка возникают проблемы с организацией его питания в период роста, так как снижение адекватной реакции адаптационного потенциала организма на любые серьезные нагрузки может привести к различным заболеваниям [12]. Для поддержания адаптационного потенциала организма ребенка необходимо поступление ряда макро- и микрокомпонентов с пищей [13]. При их недостатке адаптационный потенциал становится крайне низким, а значит, возможность возникновения тех или иных осложнений при ортодонтическом лечении становится выше [14]. При изучении фактора питания многие исследователи отмечают, что при ограничении потребления тех или иных продуктов питания у детей формируются дефициты поступления макро- и микронутриентов с рационом, а также стереотипы пищевого поведения [13–18]. При этом работ, в которых проводилась бы оценка фактического питания детей во время ортодонтического лечения, встречается крайне мало. Для повышения эффективности ортодонтического лечения необходимы мероприятия, направленные на увеличение резистентности твердых тканей зубов к кариозному процессу, к которым относится не только реминерализующая терапия, но и организация физиологически здорового питания у детей.

Цель – оценить фактическое питание подростков, получающих ортодонтическое лечение, для разработки рекомендаций по его коррекции в дальнейшем.

Материалы и методы. Для оценки фактического питания применялся метод 24-часового воспроизведения[1]. Оценка количества потребляемой пищи проводилась с использованием «Альбома порций продуктов и блюд» [19].

Критерии включения: подростки в возрасте 13–14 лет, обратившиеся в частные стоматологические

[1] Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Феоктистова А.И., Свяховская И.В. Методические рекомендации по оценке количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизводства питания. Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, № С1-19/14-17 от 26 февраля 1996 г. Москва; 1996. 20 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46
Оригинальная исследовательская статья

клиники на консультацию к врачам-ортодонтам и проживающие на юге Кузбасса с рождения, регулярно посещающие детского стоматолога и родители которых одобрили участие их детей в проведении исследования. Общая численность выборки составила 57 пациентов-подростков, обратившихся на консультацию к ортодонту, из них 19, у которых были установлены брекет-системы в течение трех месяцев. Для оценки питания выделены две группы. В контрольную группу вошли школьники без зубочелюстных аномалий (38 человек), в группу сравнения (случай) – школьники с установленными брекет-системами. Комплексная оценка рационов питания пациентов, сравнительный анализ продуктового набора проводились согласно гигиеническим нормативам, методическим рекомендациям[2,3]. Полученные результаты сведены в базу данных с помощью программы Excel, проведена статистическая обработка с применением пакета прикладных программ Statistica 6.0, рассчитаны показатели описательной статистики. В качестве описательных статистик количественных показателей использовались: M – среднее выборочное, SD (Standard Deviation) – стандартное отклонение среднего, представленные в виде $M \pm SD$. Для сравнения количественных независимых переменных (характеристик рациона) применялись методы параметрической статистики (*t*-критерий Стьюдента) при нормальном распределении. Для проверки на нормальность распределения количественных показателей использовался критерий Шапиро – Уилка. А также рассчитывались характеристики распределения количественных признаков: skew и kurtosis. Skew – коэффициент наклона, представляет собой меру симметрии; при значении, близком к 0, можно говорить о том, что среднее значение равно (приблизительно равно) медиане; если skew > 0, то среднее > медианы; если skew < 0, то, напротив, среднее < медианы. Kurtosis – куртозис, показатель, отражающий остроту вершины и толщину «хвостов» одномерного распределения. Kurtosis является величиной, сравниваемой с нормальным распределением. За уровень критической значимости принят 0,05 [20].

Результаты. Основой для обеспечения детей здоровым, сбалансированным питанием является количественная и качественная структура питания в оптимальном соотношении. Рацион питания должен включать оптимальный набор продуктов питания, и чем он будет разнообразнее – тем полноценнее ребенок восполнит не только свой энергетический запас, но и физиологическую потребность растущего организма. Потребление основных продуктов питания у подростков в зависимости от группы исследования имеет свои особенности. Сравнительные данные представлены в табл. 1.

Известно, что такой продукт питания, как мясо, является основным поставщиком белка в организм, при этом содержит все незаменимые аминокислоты в сбалансированном соотношении и значительных количествах. Потребление мяса и мясных продуктов подростками, участвующими в исследовании, не отвечало рекомендуемым нормам потребления. У детей, носящих брекеты, потребление мяса было ниже на 33,7 % РНП, птицы – на 34,4 %, а блюда из субпродуктов (печень, сердце) отсутствовали в их рационе питания. Потребление мяса, птицы подростками контрольной группы исследования было в пределах рекомендуемых норм, составляло 92,2 и 147,7 % соответственно. Кроме того, в их рационе присутствовали блюда из субпродуктов, удельный вес которых составлял 30,7 % от РНП. Выявлено избыточное потребление колбасных изделий у подростков от 32,3 до 41,9 г/сутки, что составляет от 164,8 до 213,7 % РНП в день. Потребление рыбы и морепродуктов независимо от исследуемой группы было недостаточно, составляло от 33,9 до 45,3 % от рекомендуемых норм.

Существенно меньше выявлено потребления молока и молочных продуктов у подростков контрольной группы (в среднем 65,0 % от РНП), в отличие от подростков с установленными брекет-системами (в среднем 83,8 %). Потребление яиц подростками в среднем за день составило 63 % от РНП, творога – 78 %, сливочного масла – 66,5 %. При этом подростки с брекетами меньше потребляли сливочного масла в 1,4 раза, исключая его применение в меню с бутербродами. Потребление хлеба пшеничного и ржаного, а также круп и бобовых у подростков контрольной группы было выше, чем у их сверстников, проходящих лечение, однако также не соответствовало рекомендуемой норме (89,1, 52,8 и 97,2 % соответственно). Вкусовые предпочтения к макаронным изделиям подростков, проживающих на юге Кемеровской области, не отличались от их сверстников из других регионов, где фиксировалось повышенное их потребление [14, 15, 21]. Потребление макаронных изделий было значительно выше рекомендуемых норм и составляло от 174,5–231,0 % у всех пациентов. В рационах питания всех подростков, участвующих в исследовании, отмечен недостаток потребления картофеля (80–85 % от РНП), овощей (51–82 %), фруктов (51–86 %). Более дефицитны по данным видам продуктов рационы подростков, проходящих лечение.

Следует отметить, у подростков с брекет-системами уровень потребления продуктов питания таких как овощи и фрукты, был значительно ниже. Дефицит потребления усугублялся спецификой ношения ортодонтической конструкции. У них в рационе питания редко присутствовала салатная продукция (калиброванные овощи), яблоки, груши, так как несъемные ортодонтические конструкции на зубах затрудняли жевательный процесс. Отказ подростка употреблять некоторые продукты, в том числе овощи, связан с рекомендациями врача-ортодонта. Так, например, такие продукты, как свекла, морковь, содержат большое количество хромогенов и могут вызывать окрашивание эмали и элементов ортодонтической конструкции, что нежелательно. Как показывает практика, у детей, имеющих зубочелюстные аномалии и

[2] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 27 октября 2020 г. № 32 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил и норм СанПиН 2.3/2.4.3590–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения».

[3] МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.).

Таблица 1. **Средние величины потребления основных групп пищевых продуктов у подростков основной группы и группы сравнения, нетто, г/сут (*M* ± *SD*)**

Table 1. **Average consumption of the main food groups reported by adolescent cases and controls, net, g/day (*M* ± *SD*)**

Продукты / Food products	Рекомендуемые нормы потребления, г / Recommended dietary allowance, g	Контрольная группа / Controls (*n* = 38)		Группа сравнения (случай) / Cases (*n* = 19)	
		M ± *SD*	% от РНП / % of RDA	*M* ± *SD*	% от РНП / % of RDA
Хлеб пшеничный / Wheat bread	200	178,2 ± 5,1*	89,1	110,4 ± 4,3*	55,2
Хлеб ржаной / Rye bread	120	63,4 ± 3,6 *	52,8	36,9 ± 4,7*	30,7
Крупы, бобовые / Cereals, beans	50	48,6 ± 1,4	97,2	44,5 ± 5,2	89,1
Макаронные изделия / Macaroni products	20	46,2 ± 3,2*	231,0	34,9 ± 2,3*	174,5
Картофель / Potato	187	159,1 ± 14,2	85,1	149,8 ± 15,1	80,1
Овощи / Vegetables	320	262,4 ± 11,2*	82,0	163,2 ± 31,6*	51,0
Фрукты / Fruits	185	159,3 ± 19,2*	86,1	95,6 ± 13,1*	51,6
Соки / Juices	200	140,0 ± 21,4*	70,0	234,2 ± 15,7*	117,1
Мясо / Meat	70	64,6 ± 16,0*	92,2	51,7 ± 8,0*	66,3
Субпродукты / Offal	30	9,2 ± 3,6	30,7	0	0
Птица / Poultry	35	78,3 ± 4,1*	147,7	34,8 ± 9,9*	65,6
Колбасные изделия / Sausages	19,6	41,9 ± 1,7	213,7	32,3 ± 1,5	164,8
Рыба (филе) / Fish (fillet)	77	34,8 ± 7,3*	45,3	26,1 ± 8,9*	33,9
Молоко / Milk	350	226,6 ± 14,1*	64,7	289,1 ± 39,2*	82,6
Кисломолочные продукты / Fermented dairy products	180	117,5 ± 31,2*	65,3	153,2 ± 29,2*	85,1
Творог / Cottage cheese	60	47,2 ± 6,6	78,6	46,6 ± 9,2	77,6
Сыр твердый / Cheese	15	11,3 ± 2,5*	79,3	4,1 ± 1,4*	27,3
Сметана / Sour cream	10	12,1 ± 0,9	121,0	12,8 ± 0,8	128,0
Яйцо, 1 шт. / Egg, 1 pc.	40	25,6 ± 5,9	64,0	24,9 ± 8,3	62,2
Масло сливочное / Butter	35	27,1 ± 5,8*	77,4	19,5 ± 1,9*	55,7
Масло растительное / Vegetable oil	18	16,8 ± 4,1	93,3	15,2 ± 1,9	84,4
Кондитерские изделия и мучные / Confectionery products	15	39,0 ± 4,4	260,0	32,5 ± 7,1	216,7
Сахар / Sugar	35	33,6 ± 4,0*	96,0	37,1 ± 5,4*	106,1

Примечание: РНП – рекомендуемые нормы потребления; * – различия между сравниваемыми группами подростков статистически значимы ($p < 0,05$).
Notes: RDA, recommended dietary allowance; * statistically different from the control group ($p < 0.05$).

проходящих лечение брекетами, со временем возникает психологический барьер к приему твердой пищи, которая может спровоцировать поломку элементов брекет-системы. Перестроить свой привычный рацион питания как дома, так и в школе подростки не готовы, так же как и заменить простые овощи на измельченные, потреблять фрукты в виде пюре [1, 3]. При этом в питании подростков, получающих лечение у ортодонта, были вынужденные перестройки в выборе формы приема блюд из свежих овощей и фруктов: вместо салатной продукции увеличилось потребление соков, их количество составляло 234,2 ± 15,7 г/сут. У подростков контрольной группы потребление соков было в 1,7 раза ниже. Сахар является легкоусвояемым углеводом; стоит отметить, что у данной группы подростков его потребление не превышало рекомендуемые нормы. При этом выявлено избыточное применении в рационах детей кондитерских и мучных изделий в среднем от 32,5 до 39,0 г/сут при норме 15 г в день. Избыточное применение таких продуктов не рекомендуется, так как это способствует возникновению кариеса зубов. Пациенты с брекетами нарушали рекомендации врачей, потребляли конфеты и кондитерские изделия, несмотря на возможные осложнения процесса лечения (изменение положения силовой дуги, нарушение целостности замков и лигатур на брекетах, поломка ортодонтической конструкции). Исследование показало, что рацион питания подростков, проходящих лечение у врача-ортодонта, отличается от здоровых детей, так как претерпевает изменения в продуктовом наборе в зависимости от рекомендаций врача, возможности и желания подростка перестроить свой рацион от традиционной формы подачи блюд.

Однако сформировавшиеся пищевые стереотипы у подростков не меняются даже с временными неудобствами, возникающими при приеме пищи. У всех школьников-подростков традиционно сохраняется привычка потреблять значительно выше рекомендуемых норм блюда из птицы, макаронные изделия, колбасные и кондитерские изделия. Это согласуется с данными по изучению питания школьников в исследованиях других авторов [21, 22]. Разбалансированность и нерациональность среднесуточного набора продуктов питания в рационе отразится на фактическом поступлении нутриентов в организм ребенка. Сравнительный анализ среднесуточного потребления пищевых веществ и энергии у подростков представлен в табл. 2.

При сравнении фактического потребления пищевых веществ и энергии пациентов двух групп с нормами физиологической потребности выявлено, что у подростков с брекет-системами имеются отличия. Рационы питания подростков контрольной группы в среднем почти покрывали физиологические энерготраты, калорийность рационов обеспечивала 94,0 % нормы физиологической потребности (НФП) (2256,1 ккал/сут), а поступление общих белков составляло 89,1 % от

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 2. **Среднесуточное потребление пищевых веществ и энергии у подростков в сравниваемых группах (*M* ± *SD*), процент от нормы физиологических потребностей**

Table 2. **Average daily nutrient and energy intake in adolescents in the compared groups (*M* ± *SD*), % of the norm of physiological requirements**

Нутриенты / Nutrients	Усредненная потребность в пищевых веществах для детей 11–13 лет / Average requirements for nutrients in adolescents aged 11–13 years	Контрольная группа / Controls (*n* = 38)		Группа сравнения (случай) / Cases (*n* = 19)	
		M ± *SD*	% от нормы физиологических потребностей / % of the physiological norm	*M* ± *SD*	% от нормы физиологических потребностей / % of the physiological norm
Калорийность, ккал / Calorie content, kcal	2400	2256,1 ± 127,2*	94,0	1873,1 ± 131,2*	78,1
Белки, г / Proteins, g	72	64,1 ± 23,5*	89,1	54,0 ± 19,2*	75,1
в т. ч. животного происхождения, г / Of them, animal proteins, g	43,2	41,2 ± 3,9	94,6	36,6 ± 6,5	84,8
Жиры, г / Fats, g	80	83,7 ± 21,7*	104,6	67,7 ± 21,4*	84,6
в т. ч. растительного происхождения, г / Of them, vegetable fats, g	24	21,9 ± 6,8	91,5	20,5 ± 3,1	85,6
Углеводы, г / Carbohydrates, g	348,5	311,6 ± 54,9*	89,4	262,1 ± 89,1*	75,2
Пищевые волокна / Dietary fibers, g	20	15,9 ± 4,2*	79,8	12,6 ± 3,7*	63,1
Витамин А, мкг рет. экв. / Vitamin A, μg of retinol	900	802,5 ± 122,5	89,1	780,3 ± 131,9	86,7
Тиамин (B_1), мг / Thiamine (B_1), mg	1,3	0,95 ± 0,5	73,1	0,9 ± 0,2	69,2
Рибофлавин (B_2), мг / Riboflavin (B_2), mg	1,5	1,03 ± 0,4*	68,7	0,92 ± 0,1*	61,4
Ниацин (PP), мг / Niacin (PP), mg	18	15,7 ± 4,2	87,1	13,5 ± 2,7	75,1
Витамин С, мг / Vitamin C, mg	65	67,0 ± 13,6*	103,0	55,5 ± 11,5*	85,3
Кальций, мг / Calcium, mg	1200	805,2 ± 21,3*	67,1	698,6 ± 89,1*	58,2
Фосфор, мг / Phosphorus, mg	900	891,1 ± 31,2	99,8	761,4 ± 10,7	84,6
Магний, мг / Magnesium, mg	300	298,1 ± 58,1	99,4	258,3 ± 39,1	86,1
Железо, мг / Iron, mg	13,5	12,8 ± 3,5	94,6	11,7 ± 5,6	87,1

Примечание: * – различия между сравниваемыми группами подростков статистически значимы ($p < 0,05$).

Note: * statistically different from the control group ($p < 0.05$)

НФП. При этом подростки, проходящие лечение, не покрывали свои энерготраты, их рационы были дефицитны по калорийности на 21,9 % от НФП (1873,7 ккал/сут). Кроме того, у подростков группы сравнения (случай) выявлен недостаток поступления общих белков с пищей на 24,9 % от НФП (54,0 г/сут). Содержание в рационе общих жиров у подростков в контрольной группе было на 25 % выше, чем у подростков с брекетами (84,6 % НФП), и составляло 104,6 % от физиологической потребности. Содержание углеводов в пище у всех подростков было снижено и составляло от 262,1 до 311,6 г/сут. Соотношение основных нутриентов (белков, жиров, углеводов) в рационах подростков основной группы составило 1 : 1,31 : 4,8, в группе сравнения – 1 : 1,25 : 4,8 (при рекомендуемой среднесуточной норме соотношения 1 : 1,1 : 4,8), что говорит о разбалансированности рационов питания у всех школьников. Следует отметить, что рационы всех подростков были дефицитны по содержанию животного белка (84,8–94,6 % от НФП) и растительных жиров (85,6–91,5 % от НФП). Поступление пищевых волокон и витаминов с рационами подростков, проходящих ортодонтическое лечение, было дефицитно (61,4–90,1 % от нормы), так как они ограничивали себя в приеме пищи, твердой по своей консистенции.

Рационы питания подростков по своему составу не были сбалансированы, поступление с пищей микронутриентов (витаминов, минералов) не обеспечивало физиологические потребности организма детей, особенно тех, кто проходил лечение (табл. 2). Достаточное поступление с пищей таких микроэлементов, как магний, кальций, а также витамина С крайне необходимо для профилактики развития стоматологических заболеваний, в том числе профилактики образования деминерализации зубной эмали в местах крепления брекет-систем. При этом физиологическая потребность витамина С у детей, проходящих лечение, восполняется только на 87,3 %, магния – на 86,1 %, а кальция – значительно снижена и составляет 58,2 % от нормы. Таким образом, анализ фактического питания школьников показал, что у всех детей питание характеризовалось недостаточностью по обеспечению как основными пищевыми веществами и энергией, так и макро- и микронутриентами, было несбалансированным и нерациональным.

Обсуждение. Оптимальный среднесуточный набор продуктов питания для детей регламентируется санитарным законодательством, так как именно он сможет обеспечить физиологические потребности в основных пищевых веществах и энергии подростка. Установлено, что у маленьких пациентов, проходящих ортодонтическое лечение, не выполняются рекомендуемые нормы потребления продуктов питания, что отражается на сбалансированности нутриентного состава их рационов питания. Подростковый возраст – период развития ребенка, связанный с процессом полового созревания, характеризуется бурным созреванием желез внутренней секреции, значительными нейрогормональными перестройками и интенсивным развитием всех физиологических

систем организма. Недостаток поступления белка, ряда витаминов и минеральных веществ может привести к отклонению в физическом развитии ребенка, снижению защитных барьерных функций организма. Как показывает практика, несоблюдение рекомендаций врача-ортодонта по организации питания в период получения лечения (исключение приема твердой, вязкой пищи) приводит к поломке элементов ортодонтических конструкций, а значит, и к увеличению времени ношения брекетов из-за переустановки. Следовательно, подросток долгое время сопряжен с возможностью развития алиментарно-зависимых заболеваний, так как им не соблюдаются основные принципы здорового полноценного питания. При этом необходимо учесть, что проживание в таком регионе, как Кемеровская область – Кузбасс, где уровень хронической средовой нагрузки повышен во всех промышленных городах, требует дополнительных профилактических мер для восполнения уже существующего витаминно-минерального дефицита у детей [23]. Следует отметить, что отсутствие грамотного квалифицированного подхода при лечении детей с несъемными ортодонтическими конструкциями может усугубить уже имеющиеся дефициты нутриентного состава рациона питания у школьников, выявляемые практически во всех регионах страны [23–25].

Заключение. Дети, проходящие ортодонтическое лечение, подвержены большему воздействию алиментарного фактора риска, выявлены более существенные отклонения от современных гигиенических принципов здорового питания. Рационы питания, предлагаемые детям, не могут обеспечить возрастные потребности, дефицитны по макронутриентам, витаминам и минеральным веществам; выявлен дисбаланс в структуре продуктового набора.

С целью сохранения здоровья и предупреждения риска развития заболеваний, ассоциированных с питанием, следует исключать дефицит потребления продуктов (источников эссенциальных нутриентов – животных белков, растительных жиров, пищевых волокон, витаминов); необходима актуализация принципов сбалансированного питания ортодонтических пациентов, а также коррекция рационов питания всех школьников; требуется разработка и внедрение современных меню при участии специалистов по питанию.

Список литературы

1. Горячева В.В. Распространенность и интенсивность кариеса зубов у детей школьного возраста г. Ульяновска // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. 2017. Т. 19. № 12. С. 103–105. doi: 10.26787/nydha-2226-7417-2017-19-12
2. Брянцева Е.С., Семенов М.Г., Сатыго Е.А. Оценка динамики развития активности кариозного процесса у подростков 16–18 лет на этапах ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий с использование несъемной техники // Институт стоматологии. 2011. № 1. С. 80–81.
3. Аверьянов С.В., Зубарева А.В. Влияние зубочелюстных аномалий на уровень качества жизни // Ортодонтия. 2016. № 2 (74). С. 33–34.
4. Данилова М.А., Пономарева М.Л., Горева О.Б. Комплексное лечение растущих пациентов с сочетанной формой дистальной окклюзии зубных рядов и вертикальной резцовой дизокклюзией // Стоматология детского возраста и профилактика. 2013. Т. 12. № 3 (46). С. 38–42.
5. Жармагамбетова А.Г., Тулеутаева С.Т., Мухтарова К.С., Жармагамбетов А.Г., Жанабилов А.А. Лечение дистального прикуса у детей // Стоматология. 2016. Т. 95. № 3. С. 49–51. doi: 10.17116/stomat201695349-51
6. Арсенина О.И., Иванова Ю.А., Попова Н.В., Попова А.В. Раннее ортодонтическое лечение детей с зубочелюстными аномалиями в период смены зубов с использованием несъемной ортодонтической техники // Стоматология. 2015. Т. 94. № 4. С. 80–90. doi: 10.17116/stomat201594480-90
7. Меграбян О.А., Конькова А.М. Особенности лечения пациента с дистальной окклюзией зубных рядов в различные возрастные периоды (обзор литературы) // Acta Medica Eurasica. 2018. № 4. С. 19–29.
8. Водолацкий В.М., Макатов Р.С. Особенность ретенционного периода при лечении ортодонтических больных детского возраста. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2013. Т. 8. № 2. С. 64–66.
9. Маркин А.С. Распространенность зубочелюстных аномалий у лиц в возрасте 16–25 лет проживающих в г. Самара // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2016. Т. 18. № 1. С. 121–124.
10. Персин Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015.
11. Куркин А.В., Тулеутаева С.Т., Есимова Р.Ж., Куриленко Н.Ю. Сравнительная характеристика цитограмм буккального эпителия в заключительный период ортодонтического лечения аномалий развития зубочелюстной системы у детей // Universum: Медицина и фармакология. 2015. № 12-7. С. 1244–1246.
12. Соловьева Ю.В., Горелова Ж.Ю., Летучая Т.А., Мирская Н.Б., Зарецкая А.Р. Оценка знаний школьников о здоровом питании в условиях цифровой среды // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 10. С. 41–46. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46
13. Мартинчик А.Н., Кешабянц Э.Э., Камбаров А.О., и др. Кальций в рационе детей дошкольного и школьного возраста: основные пищевые источники и факторы, влияющие на потребление // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 2. С. 24–33. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10015
14. Harris R, Gamboa A, Dailey Y, Ashcroft A. One-to-one dietary interventions undertaken in a dental setting to change dietary behaviour. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;2012(3):CD006540. doi: 10.1002/14651858.CD006540.pub2
15. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Кешабянц Э.Э., Фатьянова Л.Н., Семенова Я.А., Базарова Л.Б. и др. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет. Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 50–60. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00059
16. Мажаева Т.В., Чугунова О.В., Гращенков Д.В. Некоторые аспекты структуры и организации питания детей в ряде регионов России. Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 6. С. 95–102.
17. Тятенкова Н.Н., Аминова О.С. Оценка фактического питания учащихся старших классов // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4. С. 24–29. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-24-29
18. Мажаева Т.В. Анализ изменения пищевых предпочтений и заболеваний (состояний), связанных с питанием, у населения Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 19–25. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-19-25
19. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Боева В.С. Альбом порций продуктов и блюд. М., 1995. 65 с.
20. Гржибовский А.М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика // Экология человека. 2008. № 1. С. 52–58.
21. Ларионова З.Г. Наиболее частые недостатки, выявляемые при анализе меню, разработанных для организации питания учащихся школьного возраста в различных городах России // Медицина: теория и практика. 2019. № 4(S). С. 304–305.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-40-46
Оригинальная исследовательская статья

22. Куликова Н.В., Самолюк Н.Г., Федотов А.С., Кротенко Н.М. Рационализация питания школьников разных возрастных групп // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 2. С. 52–54.
23. Тапешкина Н.В., Попкова Л.В. Динамика распространенности алиментарно-зависимых болезней у детей школьного возраста г. Междуреченска за период 2010–2016 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 1 (310). С. 14–17. doi: 10.35627/2219-5238/2019-310-1-14-17
24. Фролова О.А., Тафеева Е.А., Фролов Д.Н., Бочаров Е.П. Алиментарно-зависимые заболевания населения и гигиеническая оценка факторов риска их развития на территории республики Татарстан. Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 5. С. 470–473. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-5-470-473
25. Тармаева И.Ю., Ханхареев С.С., Богданова О.Г. Оценка питания обучающихся общеобразовательных учреждений различного типа // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12. С. 1213–1216.

References

1. Goryacheva VV. Prevalence and intensity of dental caries among schoolchildren in Ulyanovsk. *Elektronnyy Nauchno-Obrazovatel'nyy Vestnik Zdorov'e i Obrazovanie v XXI Veke*. 2017;19(12):103-105. (In Russ.) doi: 10.26787/nydha-2226-7417-2017-19-12
2. Brianceva ES, Semenov MG, Satygo EA. Estimation of dynamics of development of activity of carious process at teenagers of 16–18 years at stages of orthodontic treatment anomalies of a bite with use of fixed technics]. *Institut Stomatologii*. 2011;(1(50)):80-81. (In Russ.)
3. Averyanov SV, Zubareva AV. The influence of dentofacial anomalies at the level of quality of life. *Ortodontiya*. 2016;(2(74)):33-34. (In Russ.)
4. Danilova MA, Ponomareva ML, Goreva OB. Complex treatment of growing patients with combined form of distal occlusion and open bite. *Stomatologiya Detskogo Vozrasta i Profilaktika*. 2013;12(3(46)):38-42. (In Russ.)
5. Zharmagambetova AG, Tuleutayeva ST, Mukhtarova KS, Zharmagambetov AG, Zhanabilov AA. Treatment of distal occlusion in children. *Stomatologiya. 2016;95(3):49-51. (In Russ.) doi: 10.17116/stomat201*695349-51
6. Arsenina OI, Ivanova IuA, Popova NV, Popova AV. Early orthodontic treatment of children with dentofacial anomalies in the mixed dentition with the use of fixed appliances. *Stomatologiya*. 2015;94(4):80-90. (In Russ.) doi: 10.17116/stomat201594480-90
7. Megrabyan OA, Konkova AM. Features of treating patients with dental arch distal occlusion in different age-dependent perionds (review of literature). *Acta Medica Eurasica*. 2018;(4):19-29. (In Russ.)
8. Vodolatskiy VM, Makatov RS. Retention period characteristics in infant patients after orthodontic treatment. *Meditsinskiy Vestnik Severnogo Kavkaza*. 2013;8(2):64-66. (In Russ.)
9. Markin AS. Prevalence of dental alveolar anomalies in 16-25 year-old individuals living in the city of Samara. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk. Sotsial'nye, Gumanitarnye, Mediko-Biologicheskie Nauki*. 2016;18(1):121-124. (In Russ.)
10. Persin LS. [*Orthodontics. Diagnosis and Treatment of Dentofacial Anomalies and Deformities.*] Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2015. (In Russ.)
11. Kurkin AV, Tuleutaeva ST, Yessimova RZh, Kurilenko NYu. Comparative description of cytograms of buccal epithelium in the final period of orthodontic treatment of dental system malformations in children. *Universum: Meditsina i Farmakologiya*. 2015;(12(7)): 1244–1246. (In Russ.)
12. Solovyeva YuV, Gorelova JYu, Letuchaya TA, Mirskaya NB, Zaretskaya AR. Assessment of healthy eating awareness of schoolchildren in a digital environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(10):41-46. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-41-46
13. Martinchik AN, Keshabyants EE, Kambarov AO, *et al.* Dietary intake of calcium in pre-school and school children in Russia: main food sources and eating occasions. *Voprosy Pitaniya*. 2018;87(2):24-33. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2018-10015
14. Harris R, Gamboa A, Dailey Y, Ashcroft A. One-to-one dietary interventions undertaken in a dental setting to change dietary behaviour. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;2012(3):CD006540. doi: 10.1002/14651858.CD006540.pub2
15. Martinchik AN, Baturin AK, Keshabyants EE, *et al.* Dietary intake analysis of Russian children 3-19 years old. *Voprosy Pitaniya*. 2017;86(4):50-60. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2017-00059
16. Mazhaeva TV, Chugunova OV, Grashchenkov DV. Some aspects of the structure and organization of child nutrition in a number of regions Russia. *Voprosy Pitaniya*. 2016;85(6):95-102. (In Russ.)
17. Tyatenkova NN, Aminova OS. Assessment of the actual nutrition of high school pupils. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(4(325)):24-29. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-24-29
18. Mazhaeva TV. The analysis of changes in food preferences and nutrition-related diseases (conditions) in the population of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):19-25. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-19-25
19. Martinchik AN, Baturin AK, Boeva VS. [*Album of Portions of Foods and Dishes.*] Moscow; 1995. (In Russ.)
20. Grjibovski AM. Data types, control of distribution and descriptive statistics]. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2008;(1):52-58. (In Russ.)
21. Larionova ZG. [The most common shortcomings identified in the analysis of menus designed for catering for schoolchildren in various cities of Russia]. *Meditsina: Teoriya i Praktika*. 2019;(4(S)):304-305. (In Russ.)
22. Kulikova NV, Samolyuk NG, Fedotov AS, Krotenko NM. Rational balanced nutrition of schoolchildren of various age groups. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(2):52-54. (In Russ.)
23. Tapeshkina NV, Popkova LV. School-aged children morbidity dynamics of alimentary-dependent diseases in Mezhdurechensk during the 2010-2016 period. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(1(310)):14-17. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-310-1-14-17
24. Frolova OA, Tafeeva EA, Frolov DN, Bocharov EP. Alimentary-dependent diseases of the population and the hygienic characteristic of the factors of the risk of their development in the territory of the Republic of Tatarstan. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(5):470-473. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-5-470-473
25. Tarmaeva IYu, Hanhareev SS, Bogdanova OG. Assessment of nutrition of students of educational institutions of the various type. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(12):1213-1216. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1213-1216

© Коллектив авторов, 2022

УДК 613.95:691.175.5/.8

Check for updates

Гигиеническая оценка вторичного переработанного полимерного материала для возможного использования в производстве детских товаров

Н.К. Барсукова, О.А. Чумичева, Л.Г. Надёжина

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский пр., д. 2, стр. 1, г. Москва,119296, Российская Федерация

Резюме

Введение. Одной из актуальных гигиенических задач является изучение возможностей использования вторичного полимерного сырья, полученного в результате повторной переработки материала, при производстве современных товаров детского ассортимента и обеспечение их химической безопасности. Вторичное полимерное сырье – это вышедшие из употребления изделия и промышленные отходы из первичных полимеров, частично утратившие свои свойства, но сохранившие свои технологические характеристики, которые обеспечивают возможность их повторного использования в виде сырья. В международной практике уже реализуется ряд значимых инициатив по применению вторичного полимерного сырья при производстве товаров для детей и подростков.

Цель работы – гигиеническая оценка безопасности вторичного переработанного полимерного материала, используемого для изготовления детских товаров, в том числе игрушек.

Материал и методы. Исследованы 96 образцов из первичного полимерного сырья и вторично переработанных полимерных материалов, изготовленных на основе полиэтилентерефталата и полиэтилена высокой плотности. Проведено 4186 испытаний по 31 методике. Использованы санитарно-химические, токсиколого-гигиенические, органолептические и физико-гигиенические методы.

Результаты. Получены результаты сравнительного исследования образцов из первичного сырья и вторично переработанных полимерных материалов по определению:

– миграции 48 летучих и среднелетучих органических соединений в воздухе климатических камер и в водной модельной среде;
– миграции металлов – кадмия, свинца, хрома, мышьяка, селена, бария, сурьмы, ртути в дистиллированную воду;
– токсиколого-гигиенических показателей (индекс токсичности) в воздухе климатических камер и в водных вытяжках;
– органолептических показателей (запах образца, запах и привкус водной вытяжки);
– изменения pH и перманганатной окисляемости в водных вытяжках;
– стойкости окраски образцов к действию слюны и пота.

При стандартных условиях пробоподготовки и во всех агграви́рованных условиях (увеличение температуры, времени экспозиции и т. д.) они не превышают нормативных значений, а в ряде случаев были ниже чувствительности методов определения. Различий в результатах исследования образцов из первичного и вторично переработанного полимерного сырья не установлено.

Заключение. Исследованные образцы из вторично переработанных материалов (полиэтилентерефталата и полиэтилена высокой плотности) являются химически стабильными, что позволяет их рекомендовать для применения в производстве товаров для детей и подростков на равных условиях с первичным полимерным сырьем.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, товары для детей, первичные и вторично переработанные полимерные материалы, санитарно-химические исследования, физико-гигиенические исследования, токсиколого-гигиенические исследования.

Для цитирования: Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Надёжина Л.Г. Гигиеническая оценка вторичного переработанного полимерного материала для возможного использования в производстве детских товаров // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 47–53. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53

Сведения об авторах:

✉ **Барсукова** Наталия Константиновна – к.м.н., заведующая лабораторией комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы; e-mail: barsukova.nk@nczd.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8716-4806.

Чумичева Ольга Алексеевна – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы; e-mail: olgachumicheva@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0662-2954.

Надёжина Людмила Геннадьевна – ведущий специалист лаборатории комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы; e-mail: lnadiezhina@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0311-8621.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Барсукова Н.К.; Чумичева О.А.*; сбор и обработка материала: *Надёжина Л.Г.*; анализ и интерпретация результатов: *Барсукова Н.К., Надёжина Л.Г.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 08.06.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Hygienic Assessment of Recycled Polymers for Their Potential Use in the Manufacturing of Children's Products

Nataliya K. Barsukova, Olga A. Chumicheva, Ludmila G. Nadiezhina

National Medical Research Center for Children's Health,
Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 119296, Russian Federation

Summary

Background: At present, one of the critical hygienic tasks is to study the potentials of using recycled polymer materials in the manufacturing of modern children's products and ensuring their chemical safety. Secondary polymer materials are various polymer wastes that have lost their consumer properties but have retained their technological characteristics enabling their reuse as raw materials. A number of significant initiatives on the use of recycled polymers in the production of goods for children and adolescents are already being implemented worldwide.

Objective: To assess safety of recycled polymer materials used for the manufacturing of children's products, including toys.

Materials and methods: We studied 96 samples of primary and recycled polymer materials based on polyethylene terephthalate and high-density polyethylene by performing 4,186 tests using 31 chemical, physical, organoleptic, and toxicology methods.

Results: We obtained the results of a comparative study of primary and recycled polymer materials that included determination of migration of 48 volatile and semivolatile organic compounds to the air of environmental (climate) chambers and

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53
Оригинальная исследовательская статья

an aqueous model environment; migration of cadmium, lead, chromium, arsenic, selenium, barium, antimony, and mercury into distilled water; toxicity indices in the air of climate chambers and in aqueous extracts; organoleptic parameters (odor of the sample, odor and taste of the aqueous extract); changes in pH and permanganate index of aqueous extracts, and color fastness to saliva and sweat. Under standard conditions of sample preparation and under all aggravated conditions (e.g., high temperature, long-term exposure, etc.), nonconforming products were not found; in some samples, the levels of chemicals tested were below the limits of detection. We observed no differences between the results of testing primary and recycled polymer materials.

Conclusions: We established that the tested samples of recycled polymers based on polyethylene terephthalate and high-density polyethylene are chemically stable and can therefore be recommended for use in the manufacturing of products for children and adolescents on equal terms with primary polymer materials.

Keywords: hygienic assessment, children's products, primary and secondary recycled polymers, chemical testing, physical testing, toxicity testing.

For citation: Barsukova NK, Chumicheva OA, Nadiezhina LG. Hygienic assessment of recycled polymers for their potential use in the manufacturing of children's products. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):47–53. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53

Author information:
✉ Nataliya K. **Barsukova**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Complex Problems of Hygienic Assessment and Expertise; e-mail: barsukova.nk@nczd.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8716-4806.
Olga A. **Chumicheva**, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Complex Problems of Hygienic Assessment and Expertise; e-mail: olgachumicheva@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0662-2954.
Ludmila G. **Nadiezhina**, Leading Researcher, Laboratory of Complex Problems of Hygienic Assessment and Expertise; e-mail: lnadiezhina@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0311-8621.

Author contributions: study conception and design: *Barsukova N.K., Chumicheva O.A.*; data collection and processing: *Nadiezhina L.G.*; analysis and interpretation of results: *Barsukova N.K., Nadiezhina L.G.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.
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 8, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Огромная масса твердых бытовых отходов скапливается в мегаполисах и на территориях, прилегающих к крупным городам. На жителя мегаполиса в среднем приходится 250–300 кг твердых отходов в год, из них 10–15 % составляют полимерные, доля которых непрерывно возрастает [1]. Все большую обеспокоенность вызывает образование пластиковых пятен в океанах [2–7].

Однако основная масса полимерных отходов может быть использована как вторичное переработанное сырье и подвергнута рециклингу [8]. Уже сегодня производителям при проектировании новой продукции необходимо выбирать сырье с возможностью вторичной переработки и утилизации. Использование вторичных переработанных полимерных материалов в качестве новой ресурсной базы – одно из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире. В международной практике уже реализуется ряд значимых инициатив по применению вторичного сырья при производстве товаров детского ассортимента, в том числе игр и игрушек [9–23].

В соответствии со «Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года»[1] основным направлением действий является использование вторичного сырья для производства новой продукции, в том числе товаров детского ассортимента.

Это вызывает необходимость разработки новых технологий по переработке вторичных полимерных материалов, рекомендаций по его использованию в России и проведения научно-исследовательских работ для определения миграции токсических веществ при использовании вторичного переработанного полимера.

Обеспечение химической безопасности современных полимерных материалов, используемых для изготовления товаров детского ассортимента, как на основе первичного сырья, так и из вторично переработанных полимеров является одной из актуальных гигиенических задач.

В НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России разработаны научно-методические подходы к гигиенической оценке химической безопасности современных полимерных материалов [24] и проведены исследования по гигиенической оценке вторичных переработанных полимерных материалов из полиэтилентерефталата (ПЭТ) и полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), используемых для изготовления товаров детского ассортимента, в том числе игр и игрушек.

Цель: гигиеническая оценка безопасности вторично переработанного полимерного материала, используемого для изготовления детских товаров, в том числе игрушек.

Задачи исследования:

– сравнительная гигиеническая оценка образцов полимерных материалов, изготовленных из первичного и вторично переработанного сырья при стандартных условиях испытаний, в соответствии с действующей нормативно-методической документацией;

– сравнительная гигиеническая оценка исследуемых образцов при аггравированных условиях испытаний.

Материалы и методы. Проведены исследования по сравнительной гигиенической оценке 96 образцов полимерных материалов, в том числе 48 образцов были изготовлены из первичного полимерного сырья (контрольные образцы) и 48 образцов – из вторично переработанных полимерных материалов (опытные образцы).

При производстве вторичных переработанных полимерных материалов использовалось сырье из ПЭТ и ПЭВП.

В исследованиях использовались следующие методы испытаний образцов:

– санитарно-химические, включая миграцию 56 летучих и среднелетучих органических

[1] Распоряжение Правительства Российской Федерации № 84-р от 25 января 2018 г. «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».

соединений, металлов в водную и воздушную модельные среды и определение перманганатной окисляемости водной вытяжки;

– токсиколого-гигиенические – индекс токсичности;

– органолептические – запах образца, запах и привкус водной вытяжки;

– физико-гигиенические – определение изменения pH водной вытяжки (ΔpH) и оценка устойчивости полимерных материалов, окрашенных в массе к растворам, имитирующим пот и слюну.

Санитарно-химические показатели контрольных и опытных образцов определялись в водной и воздушной модельных средах в стандартных условиях[2]: в водной вытяжке при насыщенности 1 см^2 образца на 2 см^3 дистиллированной воды, температуре (37 ± 2) °С, экспозиции 3 часа; в воздушной модельной среде при насыщенности 0,1–1,0 м^2 образца на 1 м^3 воздуха климатической камеры, температуре (22 ± 2) °С, воздухообмене 1,0 об/ч, экспозиции 24 часа.

Для выявления риска миграции химических веществ из вторично переработанных полимерных материалов опытные образцы дополнительно исследовались в аггравúрованных условиях:

– при увеличении температуры воздуха в климатической камере до (40 ± 2) °С и температуры водной вытяжки до (80 ± 2) °С.

– при увеличении времени экспозиции водной вытяжки до 24 часов;

– в 2 модельных средах: воздушной и водной для образцов, которые в соответствии с нормативно-методическими документами испытываются только в водной или только в воздушной средах;

– в физиологических растворах: подкисленном (pH 4) и подщелоченном (pH 9).

Определение санитарно-химических, токсиколого-гигиенических, органолептических и физико-гигиенических показателей проводилось в соответствии с утвержденной нормативно-методической документацией[3].

Статистическая обработка проводилась при помощи программ SPSS 19, Excel, сравнение выборок проводилось по критерию Стьюдента, рассчитывались средние значения (*M*), стандартное отклонение, стандартная ошибка среднего (*m*). Различия считались значимыми, если значение ошибки не превышало 5 % ($p < 0,05$).

Результаты. Исследования проводились на соответствие требованиям безопасности[4].

Миграция вредных летучих и среднелетучих органических соединений: *ацетальдегида, ацетона, гексана, гептана, этилацетата, метилацетата, бутилацетата, спирта метилового, спирта этилового, спирта бутилового, спирта пропилового, спирта изобутилового, спирта изопропилового, бензола, толуола, этилбензола, ксилолов (смесь изомеров), стирола, α-метилстирола, бензальдегида, изопропилбензола, метилметакрилата, метилакрилата, бутилакрилата, этилакрилата, изобутилакрилата, бутилметакрилата, диметилфталата, диметилтерефталата, диэтилфталата, дибутилфталата, диоктилфталата, бутилбензилфталата, бис-2-этилгексилфталата, винилацетата, капролактама, гексаметилендиамина, этиленгликоля* – в воздухе климатических камер и в дистиллированной воде, *металлов – кадмия, свинца, хрома, мышьяка, селена, бария, сурьмы, ртути* при стандартных условиях пробоподготовки и во всех аггравúрованных условиях (увеличение температуры, времени экспозиции и т. д.) не превышает нормативных значений, а в ряде случаев была ниже чувствительности методов определения. Различий в результатах исследования контрольных и опытных образцов не установлено.

Особое внимание уделяли уровню миграции формальдегида и фенола, так как ранее проведенные институтом исследования показали, что эти вещества являются приоритетными загрязнителями в товарах детского ассортимента.

Анализ полученных результатов исследования при стандартных условиях пробоподготовки в воздухе климатической камеры показал, что концентрации формальдегида и фенола находятся в пределах чувствительности прибора до 0,002 мг/м^3 и до 0,001 мг/м^3 соответственно. Показатели индекса токсичности в воздухе климатической камеры составляют от 98,4 до 106,8 % из образцов, изготовленных из первичного полимерного сырья, и 94,7–110,0 % из образцов, изготовленных вторично переработанных материалов.

В водной вытяжке концентрация формальдегида из контрольных образцов составляет от менее 0,02 до 0,022 ± 0,006 мг/дм^3, из опытных образцов от менее 0,02 до 0,025 ± 0,006 мг/дм^3. Концентрация суммы общих фенолов в водной вытяжке из контрольных образцов находится в диапазоне от 0,007 ± 0,002 до 0,064 ± 0,006 мг/дм^3, из опытных образцов – от 0,005 ± 0,001 до 0,020 ± 0,002 мг/дм^3. Показатели индекса токсичности в водной вытяжке из образцов на основе первичного полимерного сырья составляют от 88,2 до 112,5 %, из образцов на основе вторично переработанного полимерного материала – от 92,7 до 109,4 % (табл. 1).

Санитарно-химические показатели – формальдегид, фенол, сумма общих фенолов, токсикологические показатели – индекс токсичности в воздушной и водной среде при стандартных условиях пробоподготовки не выявили существенных различий между первичным и вторично переработанным полимерным сырьем. Все показатели соответствуют нормативным требованиям и не превышают предельно допустимых значений.

Результаты сравнительного исследования образцов из первичных и вторично переработанных полимерных материалов при стандартных условиях пробоподготовки по определению органолептических показателей, изменению pH, перманганатной окисляемости, стойкости окраски к действию слюны и пота не превышают требований безопасности[4] (табл. 2).

Анализ органолептических показателей (запах и привкус образцов и водных вытяжек) показал,

[2] МУК 4.1/4.3.2038–05 «Санитарно-эпидемиологическая оценка игрушек»: Методические указания. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 51 с.

[3] «Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований Технического регламента Таможенного союза “О безопасности игрушек” (ТР ТС 008/2011)».

[4] Решение Комиссии Таможенного союза от 23 сентября 2011 г. № 798 «О принятии технического регламента Таможенного союза “О безопасности игрушек”. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12090423/(дата обращения: 10.04.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 1. **Результаты сравнительного исследования образцов из первичного и вторично переработанного полимерного сырья в воздухе климатической камеры и в водной вытяжке при стандартных условиях пробоподготовки**

Table 1. **Results of the comparative study of samples of primary and recycled polymer materials in the air of the environmental test chamber and in the aqueous extract under standard conditions of sample preparation**

Показатели / Indicators	Значение / Measured value, $M \pm m$		Норматив / Standard (≤)
	Первичное сырье / Primary raw materials	Вторичное переработанное сырье / Recycled raw materials	
Воздух климатической камеры / Air of the environmental chamber			
Индекс токсичности / Toxicity index, %	98,4–106,8	94,7–110,0	80–120
Формальдегид, мг/м³ / Formaldehyde, mg/m³	< 0,002	< 0,002	0,003
Фенол, мг/м³ / Phenol, mg/m³	< 0,001	< 0,001	0,003
Водная вытяжка / Aqueous extract			
Индекс токсичности / Toxicity index, %	88,2–112,5	92,7–109,4	70–120
Формальдегид, мг/дм³ / Formaldehyde, mg/dm³	< 0,02–0,022 ± 0,006	< 0,02–0,025 ± 0,006	0,1
Сумма общих фенолов, мг/дм³ / Total phenols, mg/dm³	0,007 ± 0,002 ... 0,064 ± 0,006	0,005 ± 0,001 ... 0,020 ± 0,002	0,1

Таблица 2. **Результаты сравнительного исследования образцов из первичного и вторично переработанного полимерного сырья в водной вытяжке при стандартных условиях пробоподготовки**

Table 2. **Results of the comparative study of samples of primary and recycled polymer materials in an aqueous extract under standard conditions of sample preparation**

Показатели / Indicators	Значение / Measured value		Норматив / Standard (≤)
	Первичное сырье / Primary raw materials	Вторичное переработанное сырье / Recycled raw materials	
Запах образца, балл / Sample odor, score	0	0	1–2
Запах водной вытяжки, балл / Odor of the aqueous extract, score	0	0	1–2
Привкус водной вытяжки, балл / Taste of the aqueous extract, score	0	0	1
Изменение pH (ΔpH), ед. pH / pH change, ΔpH, units	0,14–0,98	0,34–0,93	± 1,0
Перманганатная окисляемость, мг O_2/л / Permanganate index, O_2, mg/L	< 0,25–2,02	< 0,25–1,98	5,0
Стойкость к действию слюны, пота / Color fastness to saliva and sweat	Окраска устойчива / Colorfast	Окраска устойчива / Colorfast	Стойко / Colorfast

что как контрольные, так и опытные образцы не являлись источником ощутимого постороннего запаха и привкуса.

Анализ интегральных показателей (изменение величины pH и перманганатная окисляемость водных вытяжек), которые дают возможность оценить общее количество мигрирующих веществ из образцов, не выявил существенных различий между контрольными и опытными образцами.

Показатель стойкости к действию слюны и пота одинаково устойчив в контрольных и опытных образцах.

Таким образом, проведенные сравнительные испытания контрольных и опытных образцов по санитарно-химическим (56 веществ), токсиколого-гигиеническим, органолептическим, физико-гигиеническим показателям при стандартных условиях в соответствии с действующими нормативно-методическими документами выявили, что значения этих показателей не превышают нормативные требования[5] и свидетельствуют о возможном использовании вторично переработанных полимерных ПЭТ и ПЭВП материалов при производстве игрушек.

Опытные и контрольные образцы также исследовались и в аггравированных условиях при увеличении температуры в климатической камере до 40 °С и водной вытяжки до 80 °С, так как увеличение температуры испытательного раствора от (20 ± 2) °С до (37 ± 2) °С может увеличивать в 1,4–4,0 раза миграцию фенола и в 1,4–8,6 раза миграцию формальдегида[6].

При увеличении температуры в климатической камере до 40 °С концентрация формальдегида не увеличивается и находится в пределах чувствительности прибора – 0,002 мг/м³. Концентрация фенола из контрольных образцов находится в диапазоне от менее 0,001 до 0,0022 ± 0,0002 мг/м³, из опытных образцов концентрация фенола увеличивается до 0,0026 ± 0,0003 мг/м³, но находится в пределах нормативного значения. Показатели индекса токсичности в воздухе климатической камеры при аггравации составляют – от 101,3 до 108,9 % из контрольных образцов и 102,1–110,7 % из опытных образцов.

При увеличении температуры водной вытяжки до 80 °С концентрация формальдегида из контрольных образцов находится в диапазоне от менее 0,02 до 0,024 ± 0,006 мг/дм³, из опытных образцов – от менее 0,02 до 0,028 ± 0,007 мг/дм³. При этих же условиях концентрация суммы общих фенолов из контрольных образцов составляет от менее 0,005 до 0,083 ± 0,008 мг/дм³, из образца вторичного переработанного полимерного материала – менее 0,005 до 0,085 ± 0,009 мг/дм³. Показатели индекса токсичности в водной вытяжке образцов,

[5] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек».

[6] Кучма В.Р., Барсукова Н.К., Маркелова С.В. Игрушки, игры и предметы для детского творчества: гигиеническая безопасность: проблемы и пути решения. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 128 с.

изготовленных из первичного полимерного сырья, составляют от 81,6 до 109,0 %, из вторично переработанных полимерных материалов – от 89,4 до 113,1 % (табл. 3).

Анализ санитарно-химических и токсикологических показателей – формальдегид, фенол, сумма общих фенолов, индекс токсичности в воздушной и водной среде в аггравúрованных условиях (при увеличении температуры воздуха в климатической камере до (40 ± 2) °С и температуры водной вытяжки до (80 ± 2) °С) также не выявил существенных различий между первичным и вторичным переработанным полимерным материалом. Все показатели соответствуют нормативным требованиям и не превышают предельно допустимых значений.

Результаты сравнительного санитарно-химического исследования образцов из первичных и вторичных переработанных полимерных материалов – в подкисленной и подщелоченной дистиллированной воде – показал, что концентрация формальдегида и в первичном, и в переработанном материале не увеличивается и находится в тех же пределах, что и при стандартных условиях испытаний. Миграция общих фенолов увеличивается: сумма общих фенолов в подкисленной среде из первичного полимерного материала находится в диапазоне от 0,02 ± 0,002 до 0,092 ± 0,009 мг/дм^3, из вторичного переработанного полимерного материала – от 0,022 ± 0,002 до 0,084 ± 0,008 мг/дм^3; концентрация суммы общих фенолов в подщелоченной среде из первичного полимерного материала составляет от 0,021 ± 0,002 до 0,071 ± 0,007 мг/дм^3, из вторичного переработанного полимерного материала – от 0,009 ± 0,002 до 0,084 ± 0,008 мг/дм^3 (табл. 4).

Сравнение значений санитарно-химических показателей – формальдегида и суммы общих фенолов в подкисленном (pH4) и подщелоченном (pH9) физиологических растворах в контрольных и опытных образцах не имеют существенных различий и соответствуют нормативным значениям.

Исследование образцов в дистиллированной воде при увеличении времени экспозиции до 24 часов показало: концентрация формальдегида в вытяжке образцов их первичного полимерного сырья незначительно увеличивается от менее 0,02 до 0,031 ± 0,008 мг/дм^3; из вторичного сырья остается на том же уровне, что и при стандартных условиях испытаний: от менее 0,02 до 0,028 ± 0,007 мг/дм^3. Концентрация суммы общих фенолов при увеличении времени экспозиции до 24 часов из контрольных образцов находится в диапазоне от 0,007 ± 0,002 до 0,019 ± 0,004 мг/дм^3, из опытных – от 0,005 ± 0,001 до 0,011 ± 0,002 мг/дм^3 (табл. 5).

Результаты оценки санитарно-химических показателей – формальдегида и суммы общих фенолов при увеличении времени экспозиции до 24 часов в контрольных и опытных образцах – не имеют существенных различий и значительно ниже ПДК.

Таким образом, представленные результаты испытаний в аггравúрованных условиях (увеличении

Таблица 3. **Результаты сравнительного исследования образцов из первичного и вторично переработанного полимерного сырья в воздухе климатической камеры при температуре (40 ± 2) °С и в водной вытяжке при температуре (80 ± 2) °С**

Table 3. **Results of the comparative study of samples of primary and recycled polymer materials in the air of the environmental test chamber at the temperature of (40 ± 2) °C and in the aqueous extract at the temperature of (80 ± 2) °C**

Показатели / Indicators	Значение / Measured value, $M \pm m$		Норматив / Standard (≤)
	Первичное сырье / Primary raw materials	Вторичное переработанное сырье / Recycled raw materials	
Воздух климатической камеры / Air of the environmental chamber			
Индекс токсичности / Toxicity index, %	101,3–108,9	102,1–110,7	80–120
Формальдегид, мг/м^3 / Formaldehyde, mg/m^3	< 0,002	< 0,002	0,003
Фенол, мг/м^3 / Phenol, mg/m^3	< 0,001–0,0022 ± 0,0002	< 0,001–0,0026 ± 0,0003	0,003
Водная вытяжка / Aqueous extract			
Индекс токсичности / Toxicity index, %	81,6–109,0	89,4–113,1	70–120
Формальдегид, мг/дм^3 / Formaldehyde, mg/dm^3	< 0,02–0,024 ± 0,006	< 0,02–0,028 ± 0,007	0,1
Сумма общих фенолов, мг/дм^3 / Total phenols, mg/dm^3	< 0,005–0,083 ± 0,008	< 0,005–0,087 ± 0,009	0,1

Таблица 4. **Результаты сравнительного исследования из первичного и вторично переработанного полимерного сырья в физиологических растворах – подкисленном (pH4) и подщелоченном (pH9)**

Table 4. **Results of the comparative study of primary and recycled polymer materials in acidified (pH 4) and alkalized (pH 9) physiological saline solutions**

Показатели / Indicators	Значение / Measured value, $M \pm m$		Норматив / Standard (≤)
	Первичное сырье / Primary raw materials	Вторичное (переработанное) сырье / Recycled raw materials	
pH 4 – подкисленный физиологический раствор / acidified saline solution			
Формальдегид, мг/дм^3 / Formaldehyde, mg/dm^3	< 0,02–0,022 ± 0,006	< 0,02–0,025 ± 0,006	0,1
Сумма общих фенолов, мг/дм^3 / Total phenols, mg/dm^3	0,020 ± 0,002 … 0,092 ± 0,009	0,022 ± 0,002 … 0,084 ± 0,008	0,1
pH 9 – подщелоченный физиологический раствор / alkalized saline solution			
Формальдегид, мг/дм^3 / Formaldehyde, mg/dm^3	< 0,02–0,022 ± 0,006	< 0,02–0,025 ± 0,006	0,1
Сумма общих фенолов, мг/дм^3 / Total phenols, mg/dm^3	0,021 ± 0,002 … 0,071 ± 0,007	0,009 ± 0,002 … 0,058 ± 0,006	0,1

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 5. **Результаты сравнительного исследования образцов из первичного и вторично переработанного полимерного сырья в водной вытяжке при экспозиции 24 часа**

Table 5. **Results of the comparative study of samples of primary and recycled polymer materials in an aqueous extract at a 24-hour exposure**

Показатели / Indicators	Значение / Measured value $M \pm m$		Норматив / Standard (≤)
	Первичное сырье / Primary raw materials	Вторичное (переработанное) сырье / Recycled raw materials	
Формальдегид, мг/дм³ / Formaldehyde, mg/dm³	< 0,02–0,031 ± 0,008	< 0,02–0,028 ± 0,007	0,1
Сумма общих фенолов, мг/дм³ / Total phenols, mg/dm³	0,007 ± 0,002 … 0,019 ± 0,004	0,005 ± 0,001 … 0,011 ± 0,002	0,1

температуры в климатической камере до 40 °С, водной вытяжки до 80 °С, времени экспозиции до 24 часов, в подкисленной и подщелоченной дистиллированной воде) по санитарно-химическим и токсиколого-гигиеническим показателям демонстрируют, что образцы из вторично переработанного полимерного материала соответствуют нормативным требованиям. Данные исследования подтверждают возможность использования вторично переработанных полимерных ПЭТ и ПЭВП материалов при производстве игрушек.

Обсуждение. Основным направлением «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», утвержденной правительством РФ, является использование вторичного сырья для производства новой продукции для детей.

В связи с этим оценка безопасности инновационных материалов, в т. ч. вторичного полимерного сырья, полученного при повторной переработке полимеров, для производства современных товаров детского ассортимента, является одной из актуальных гигиенических задач.

Сравнительные исследования по гигиенической оценке образцов полимерных материалов из ПЭТ и ПЭВП, изготовленных из первичного и вторично переработанного полимерного сырья, при стандартных и аггравированных условиях испытаний показали, что миграция вредных летучих и среднелетучих органических соединений при стандартных условиях пробоподготовки и во всех аггравированных условиях (увеличение температуры, времени экспозиции и т. д.) не превышает нормативных значений, а в ряде случаев была ниже чувствительности методов определения.

Раннее проведенные институтом исследования показали, что формальдегид и фенолы являются приоритетными загрязнителями в товарах детского ассортимента[7] поэтому особое внимание уделяли уровню их миграции. В исследуемых образцах идентификация формальдегида и фенолов в воздушной и водной средах при стандартных и аггравированных условиях пробоподготовки не выявила существенных различий между контрольными и опытными образцами, показатели соответствовали нормативным требованиям и не превышали предельно допустимых значений. Анализ интегрального показателя воздействия вредных веществ (индекс токсичности) соответствовал нормативам, что совпадает с исследованием других авторов, которые показали, что индекс токсичности образца игрушки, набитый полиэфирным волокном, полученным из ПЭТ отходов, соответствовал нормативу [9].

Полученные результаты сравнительных испытаний контрольных и опытных образцов по санитарно-химическим (56 веществ), токсиколого-гигиеническим, органолептическим, физико-гигиеническим показателям при стандартных условиях в соответствии с действующими нормативно-методическими документами, а также при аггравированных условиях выявили, что значения этих показателей не превышают нормативные требования.

Заключение. Проведенные санитарно-химические, токсиколого-гигиенические, органолептические, физико-гигиенические исследования в стандартных и в аггравированных условиях 96 образцов, изготовленных из первичного полимерного сырья и из вторично переработанных полимерных материалов, выявили, что представленные образцы являются химически стабильными.

Значения показателей, полученные при исследовании образцов, изготовленных из вторично переработанных полимерных материалов, практически не отличались от показателей, полученных при исследовании образцов, изготовленных из первичного полимерного сырья, и не превышали нормативы, установленные в ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек».

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности использования вторично переработанных ПЭТ и ПЭВП материалов при производстве товаров детского ассортимента с последующей их гигиенической оценкой на соответствие ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек».

Список литературы / References

1. Шугалей И.В., Целинский И.В., Возняковский А.П., Гарабаджиу А.В. Проблемы утилизации отходов полимеров в России // Экологическая химия. 2011. Т. 20. № 4. С. 218–230.
1. Shugalei IV, Tselinskii IV, Voznyakovskij AP, Garabadjiu AV. The problem of polymers' waste recovery in Russia. *Ekologicheskaya Khimiya*. 2011;20(4):218-230. (In Russ.)
2. Hahladakis JN. Delineating the global plastic marine litter challenge: clarifying the misconceptions. *Environ Monit Assess*. 2020;192(5):267. doi: 10.1007/s10661-020-8202-9
3. Axelsson C, van Sebille E. Prevention through policy: Urban macroplastic leakages to the marine environment during extreme rainfall events. *Mar Pollut Bull*. 2017;124(1):211-227. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.07.024
4. Якименко А.Л., Блиновская Я.Ю. К вопросу об изученности микропластика в морской среде // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 7-2. С. 139–141.

[7] Кучма В.Р., Барсукова Н.К., Маркелова С.В. Игрушки, игры и предметы для детского творчества: гигиеническая безопасность: проблемы и пути решения. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 128 с.

4. Yakimenko AL, Blinovskaya YaYu. [On the issue of the study of microplastics in the marine environment.] *Teoreticheskie i Prikladnye Aspekty Sovremennoy Nauki*. 2015;(7-2):139-141. (In Russ.)
5. Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, Iacovidou E, Purnell P. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J Hazard Mater*. 2018;344:179-199. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.10.014
6. Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci Total Environ*. 2017;586:127-141. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190
7. Schmidt K, Krauth T, Wagner S. Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environ Sci Technol*. 2017;51(21):12246-12253. doi: 10.1021/acs.est.7b02368
8. Job S. Recycling composites commercially. *Reinf Plast*. 2014;58(5):32-34, 36-38. doi: 10.1016/S0034-3617(14)70213-9
9. Акишева Б., Джуринская И. Перспективы и безопасность использования вторичного сырья в качестве наполнителя мягких игрушек. // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 60. С. 13–17. doi: 10.24412/3453-9875-2021-60-2-13-17
9. Akisheva B, Jurinskaya I. Prospects and safety of using recycled materials as a filler in soft toys. *Norwegian Journal Development of the International Science* 2021;(60):13-17. (In Russ.) doi: 10.24412/3453-9875-2021-60-2-13-17
10. Kajiwara N, Matsukami H, Malarvannan G, Chakraborty P, Covaci A, Takigami H. Recycling plastics containing decabromodiphenyl ether into new consumer products including children's toys purchased in Japan and seventeen other countries. *Chemosphere*. 2022;289:133179. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.133179
11. Guzzonato A, Puype F, Harrad SJ. Evidence of bad recycling practices: BFRs in children's toys and food-contact articles. *Environ Sci Process Impacts*. 2017;19(7):956-963. doi: 10.1039/c7em00160f
12. Tu JC, Huang XS. Research on the use of recycled plastic bottles for toy development. *Conference – Innovations, Communication and Engineering*. 2014:517-520. doi: 10.1201/b15935-134
13. Ionas AC, Dirtu AC, Anthonissen T, Neels H, Covaci A. Downsides of the recycling process: harmful organic chemicals in children's toys. *Environ Int*. 2014;65:54-62. doi: 10.1016/j.envint.2013.12.019
14. Pivnenko K, Granby K, Eriksson E, Astrup TF. Recycling of plastic waste: Screening for brominated flame retardants (BFRs). *Waste Manag*. 2017;69:101-109. doi: 10.1016/j.wasman.2017.08.038
15. Eriksen MK, Pivnenko K, Olsson ME, Astrup TF. Contamination in plastic recycling: Influence of metals on the quality of reprocessed plastic. *Waste Manag*. 2018;79:595-606. doi: 10.1016/j.wasman.2018.08.007
16. Norton M. Tackling the challenge of packaging plastic in the environment. *Chemistry*. 2020;26(35):7737-7739. doi: 10.1002/chem.202001890
17. Antonopoulos I, Faraca G, Tonini D. Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Manag*. 2021;126:694-705. doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.002
18. Turku I, Kärki T, Rinne K, Puurtinen A. Characterization of plastic blends made from mixed plastics waste of different sources. *Waste Manag Res*. 2017;35(2):200–206. doi: 10.1177/0734242X16678066
19. Faraca G, Astrup T. Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. *Waste Manag*. 2019;95:388-398. doi: 10.1016/j.wasman.2019.06.038
20. Milios L, Holm Christensen L, McKinnon D, Christensen C, Rasch MK, Hallstгшm Eriksen M. Plastic recycling in the Nordics: A value chain market analysis. *Waste Manag*. 2018;76:180-189. doi: 10.1016/j.wasman.2018.03.034
21. Salhofer S, Jandric A, Soudachanh S, Xuan TL, Tran TD. Plastic recycling practices in Vietnam and related hazards for health and the environment. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4203. doi: 10.3390/ijerph18084203
22. Mao S, Gu W, Bai J, *et al*. Migration of heavy metal in electronic waste plastics during simulated recycling on a laboratory scale. *Chemosphere*. 2020;245:125645. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125645
23. Чернюк В.Д., Кухарчик Т.И. Полимерные отходы, потенциально содержащие бромированные антипирены: объемы образования, пространственное распределение, вторичная переработка в Беларуси // Природные ресурсы. 2020. № 2. С. 115–124.
23. Chernyuk VD, Kukharchyk TI. Polymer wastes potentially containing brominated flame retardants: volumes, spatial distribution and recycling in Belarus. *Prirodnye Resursy*. 2020;(2):115-124. (In Russ.)
24. Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Храмцов П.И., Надёжина Л.Г. Научные основы обеспечения гигиенической безопасности товаров для детей // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2019. № 1. С. 58–63.
24. Barsukova NK, Chumicheva OA, Khramtsov PI, Nadjozhina LG. The scientific basis for ensuring the safety of children's products. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2019;(1):58-63. (In Russ.)

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61
Оригинальная исследовательская статья

© Коллектив авторов, 2022
УДК 614.7; 616-02

Check for updates

Ассоциативные связи показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, крови и иммунной системы с повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови

М.А. Землянова[1], Ю.В. Кольдибекова[1], Д.В. Горяев[2], В.М. Ухабов[3]

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

[2] Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю, ул. Каратанова, д. 21, г. Красноярск, 660049, Российская Федерация

[3] ГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, д. 82, г. Пермь, 614990, Российская Федерация

Резюме

Введение. Актуальной гигиенической проблемой в регионах с интенсивным промышленным освоением остается стабильное присутствие загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и его постоянное влияние на здоровье населения, обуславливающее дополнительные случаи общесоматических заболеваний со стороны критических органов и систем, их хронизация.

Цель: обоснование ассоциативных связей биомаркерных показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, крови и иммунной системы с повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови для задач раннего выявления и профилактики негативных последствий, связанных с аэрогенным комбинированным воздействием оксидов меди, никеля и хрома (на примере взрослого экспонированного населения).

Материалы и методы. Проведена гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха селитебной застройки, анализ общей и первичной популяционной заболеваемости за период 2016–2020 гг. Выполнено исследование состояния здоровья женщин фертильного возраста, проживающих в зоне аэрогенного комбинированного воздействия оксидов никеля, хрома и меди, и сравнительно неэкспонированных (порядка 5 тыс. химико-аналитических, общеклинических и иммунобиохимических исследований, проведенных в 2022 г.).

Основные результаты. Установлены ассоциативные связи повышенного содержания меди, никеля и хрома в крови с изменением показателей негативных эффектов. Биомаркерами неспецифической и специфической сенсибилизации, хронического воспаления, сопровождающихся дисбалансом гуморального и клеточного звена иммунитета, являются гиперпродукция эозинофилов в назальном секрете, лимфоцитов в крови, IgG специфического к меди, снижение фагоцитарного индекса и числа; нарушения гомеостаза железа – снижение ферритина; индукции окислительных процессов – повышение малонового диальдегида; истощение системы антиоксидантной защиты – снижение общей антиоксидантной активности.

Выводы. Полученные результаты исследования целесообразно использовать для раннего выявления и последующего обоснования адресных мер профилактики негативных последствий со стороны органов дыхания, крови и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, этиопатогенетически связанных с аэрогенным комбинированным воздействием изучаемых оксидов.

Ключевые слова: контаминанты в биосредах, негативные эффекты, органы дыхания, система крови, иммунная система, женщины фертильного возраста.

Для цитирования: Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Горяев Д.В. Ухабов В. М. Ассоциативные связи показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, крови и иммунной системы с повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 54–61. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61

Сведения об авторах:

✉ **Землянова** Марина Александровна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: zem@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8013-9613.

Кольдибекова Юлия Вячеславовна – к.б.н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией исследования метаболизма и фармакокинетики отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора; e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3924-4526.

Горяев Дмитрий Владимирович – к.м.н., руководитель Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю, главный государственный санитарный врач по Красноярскому краю; e-mail: goryaev_dv@24.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6450-4599.

Ухабов Виктор Максимович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России; e-mail: arbuzovatp@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6316-7850.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Землянова М.А., Горяев Д.В.*; редактирование: *Землянова М.А., Горяев Д.В.*; сбор и обработка материала: *Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М.*; анализ и интерпретация материалов: *Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В.*; обзор литературы: *Кольдибекова Ю.В.*; подготовка проекта рукописи: *Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Работа соответствует этическим принципам Хельсинкской декларации (2013 г.) проведения научных медицинских исследований с участием человека и одобрена в установленном порядке локальным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 06.02.2021). От каждого пациента, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании.

Финансирование: Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием (госзадание № 3/029-2021-03-141 от 22.09.2021) Российской Федерации в рамках реализации программы «Обеспечение химической и биологической безопасности Российской Федерации» на период 2024–2021 гг.».

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

Статья получена: 11.10.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Associations between High Blood Levels of Copper, Nickel and Chromium and Indicators of Their Adverse Effects on Respiratory Organs, Blood and the Immune System

Marina A. Zemlyanova,[1] Yuliya V. Koldibekova,[1] Dmitry V. Goryaev,[2] Viktor M. Uhabov[3]

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

[2] Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanov Street, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

[3] Perm State Medical University named after E.A. Wagner, 82 Petropavlovskaya Street, Perm, 614990, Russian Federation

Summary

Introduction: An urgent hygienic problem in the regions with intensive industrial development is the persistence of ambient air pollutants and their adverse health outcomes in the population leading to higher incidence rates of non-communicable diseases and their chronicity.

Objective: To substantiate the relationships between high blood levels of copper, nickel, and chromium and biomarkers of their adverse effects on blood, respiratory and immune systems for the tasks of early detection and prevention of poor health outcomes of the combined inhalation exposure to copper, nickel and chromium oxides on the example of the adult population at risk.

Materials and methods: We carried out a hygienic assessment of ambient air quality in residential areas and analyzed general population incidence and prevalence for 2016–2020. We also examined the health status of women of reproductive age environmentally exposed to nickel, chromium and copper oxides in the area of residence and of relatively unexposed controls. About 5,000 chemical, clinical, immunological, and biochemical tests were done in 2022.

Results: We established associations between higher blood levels of copper, nickel, and chromium and changes in the indicators of adverse health effects. Biomarkers of nonspecific and specific sensitization, chronic inflammation accompanied by an imbalance in the humoral and cellular immunity were hyperproduction of eosinophils in the nasal mucus, blood lymphocytes, specific IgG to copper, a decrease in the phagocytic index and number; lower ferritin marked disorders of iron homeostasis, higher malondialdehyde indicated induction of oxidative processes, and a decrease in antioxidant activity gave evidence of depletion of the total antioxidant activity.

Conclusions: It is expedient to use our findings for early detection and subsequent substantiation of targeted measures aimed at preventing disorders of the respiratory and immune systems, blood, and certain disorders involving the immune mechanism, etiopathogenetically related to the combined exposure to the metal oxides tested.

Keywords: contaminants in biological media, adverse effects, respiratory system, blood, immune system, women of reproductive age.

For citation: Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Goryaev DV, Uhabov VM. Associations between high blood levels of copper, nickel and chromium and indicators of their adverse effects on respiratory organs, blood and the immune system. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):54–61. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61

Author information:

✉ Marina A. **Zemlyanova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: zem@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8013-9613.

Yulia V. **Koldibekova**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of the Metabolism and Pharmacokinetics Research Laboratory, Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3924-4526.

Dmitry V. **Goryaev**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Chief State Sanitary Doctor for the Krasnoyarsk Territory; e-mail: goryaev_dv@24.rospotrebnadzor.ru.; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6450-4599.

Viktor M. **Uhabov,** Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of General hygiene, Perm State Medical University named after E.A. Wagner; e-mail: arbuzovatp@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6316-7850.

Author contributions: study conception and design, editing: *Zemlyanova M.A., Goryaev D.V.*; data collection and processing, literature review: *Koldibekova Yu.V., Uhabov V.M.*; analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation: *Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The work complies with the ethical principles for medical research involving human subjects of the World Medical Association Declaration of Helsinki 2013. Ethics approval was provided by the Local Ethical Committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Minutes No. 1 of February 6, 2021). Written informed consent was obtained from all study participants.

Funding: The work was carried out in accordance with the State Assignment of the Russian Federation No. 3/029-2021-03-141 dated September 22, 2021 as part of the Program for Ensuring Chemical and Biological Safety of the Russian Federation for the years 2024–2021.

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

Received: October 11, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Проблема стабильного присутствия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и его постоянного влияния на здоровье населения России, как и во всем мире, является чрезвычайно актуальной гигиенической проблемой [1]. На протяжении ряда десятилетий в городах и населенных пунктах РФ интенсивного промышленного освоения наблюдается высокая концентрация и стабильное функционирование промышленных хозяйствующих субъектов, значительные массы выбросов которых обуславливают высокое загрязнение атмосферного воздуха в жилой застройке [2]. При этом в зоне экспозиции нередко оказывается большое количество населения, в том числе из контингентов, наиболее восприимчивых к воздействию химических компонентов аэрогенной нагрузки (например, женщины фертильного возраста) [2, 3]. Спектр загрязняющих веществ, вносящих существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха селитебной территории, помимо общераспространенных соединений, значительно расширяется за счет специфических примесей (включая оксиды хрома (VI), никеля и меди), характерных для конкретных видов производств, в том числе металлургического профиля[1], и относящихся к чрезвычайно и высоко опасным (1-й и 2-й класс) [4, 5]. Обобщение данных научной литературы свидетельствует, что первоочередными (центральными) мишенями токсического действия оксидов меди, никеля и хрома являются органы дыхания и система крови[2]. Основным механизмом развития негативных эффектов со стороны данных систем является индукция свободно радикального перекисного окисления липидов клеточных мембран [6] с формированием гиперчувствительности на фоне неспецифического воспаления [7]. В ряде научных публикаций отмечается, что медь, никель и хром при поступлении в организм связываются

[1] Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2021 год. М.: Росгидромет, 2022. 220 с.

[2] ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. 1977 Электронный фонд нормативно-правовых документов [Электронный ресурс] Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/5200233 (дата обращения: 26.04.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61
Оригинальная исследовательская статья

с белками и выполняют функцию адъювантов, вызывая усиление иммунного ответа с последующим развитием хронического воспаления, в том числе дыхательных путей [8–10]. Вследствие реализации токсических свойств этих загрязняющих примесей при ингаляционном поступлении в организм подверженных лиц могут развиваться дополнительные случаи общесоматических заболеваний органов дыхания, иммунной системы, крови, их хронизация [11].

В связи с этим особую значимость для населения из контингента, наиболее восприимчивого к многокомпонентному воздействию изучаемых оксидов металлов, имеет разработка адекватных подходов к раннему выявлению и профилактике заболеваний органов дыхания и системы крови с вовлечением иммунных механизмов с учетом выявленных негативных эффектов.

Цель: обоснование ассоциативных связей биомаркерных показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, крови и иммунной системы с повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови для задач раннего выявления и профилактики негативных последствий, связанных с аэрогенным комбинированным воздействием оксидов меди, никеля и хрома (на примере взрослого экспонированного населения).

Материалы и методы. Объектом исследования являлось состояние здоровья экспонированных женщин фертильного возраста (83 человека, 21–48 лет), проживающих в зоне аэрогенного комбинированного воздействия оксидов никеля, хрома и меди, и сравнительно неэкспонированных (23 женщины аналогичного возраста). Исследование состояния здоровья женщин проведено в 2022 г.

Критериями формирования выборки из зоны экспозиции (группа наблюдения) являлись: постоянное проживание в селитебной застройке, находящейся в зоне влияния компонентов выбросов в атмосферный воздух от источников металлургического производства (в том числе оксидов никеля, хрома и меди); период проживания в зоне экспозиции не менее 3 лет; возраст – 21–48 лет; отсутствие воздействия вредных химических факторов производственной среды; отсутствие инфекционных заболеваний в течение 1 месяца, предстоящего углубленному обследованию, и соматических заболеваний в стадии обострения; наличие рационального питания и организации режима дня; удовлетворительный уровень материального обеспечения и гигиенических условий проживания.

Критериями формирования выборки группы сравнения являлись: проживание в селитебной застройке с отсутствием или существенно более низким уровнем аэрогенной экспозиции, формируемой изучаемыми металлами; период проживания на территории не менее 3 лет; отсутствие воздействия вредных химических факторов производственной среды; медико-биологические, социально-экономические, санитарно-бытовые критерии, аналогичные критериям формирования выборок взрослых группы наблюдения. Территория сравнения характеризуется климатогеографическими условиями, аналогичными территории наблюдения.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха по содержанию оксидов меди, никеля и хрома (VI) в жилой застройке проведена по данным о средних концентрациях за период 2016–2020 гг. из среднесуточных, полученных в точках наблюдения в ходе социально-гигиенического мониторинга. Концентрации изучаемых веществ в атмосферном воздухе оценивали относительно среднесуточных предельных допустимых концентраций в соответствии ГН 2.1.6.3492–17[3].

Анализ общей и первичной популяционной заболеваемости взрослого населения за период 2016–2020 гг. болезнями органов дыхания, системы крови, кроветворных органов и возникновения отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм (в случаях заболеваний на 1000 взрослого населения), осуществляли по данным государственной статистической отчетности – Форма 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации».

Концентрацию меди, никеля и хрома в крови определяли в соответствии с действующими в РФ методическими указаниями МУК 4.1.3230–14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра с индуктивно связанной аргоновой плазмой»[4]. С учетом ожидаемых негативных эффектов проведены исследования изменений показателей, характеризующих негативные эффекты со стороны органов дыхания (неспецифическая сенсибилизация – эозинофилы, нейтрофилы и индекс эозинофилии в назальном секрете; воспалительные процессы лимфопролиферативной природы – относительное число эозинофилов, лимфоциты, моноциты в крови, эозинофильно-лимфоцитарный индекс), системы крови (гематокрит, гемоглобин, цветной показатель, средняя концентрация гемоглобина внутри эритроцита, средний объем эритроцита и тромбоцитов, анизоцитоз эритроцитов, тромбоциты, ретикулоциты, железо, общая и ненасыщенная железосвязывающие способности (ОЖСС и НЖСС), трансферрин, ферритин), гуморальных (IgE общий, сывороточные иммуноглобулины A, M, G, специфические иммуноглобулины G и E) и клеточных механизмов (показатели фагоцитоза в крови) иммунной системы, оксидантно-антиоксидантных процессов (малоновый диальдегид (МДА) и общая антиоксидантная активность в плазме крови (АОА)). В рамках настоящего исследования проведено порядка 5000 химических, общеклинических и иммунобиохимических анализов, выполненных в 2022 г.

Статистическую обработку данных при соответствии случайных величин анализируемых показателей закону нормального распределения выполняли с использованием параметрических методов статистики, рассчитывали статистические параметры: математическое ожидание – среднее значение (M), ошибка репрезентативности (m), двухвыборочный критерий Стьюдента ($t \geq 2$) при оценке статистической достоверности (p) межгруп-

[3] ГН 2.1.6.3492–17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений». Электронный фонд нормативно-правовых документов [Электронный ресурс] Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/556185926 (дата обращения: 01.11.2022).

[4] Определение химических соединений и элементов в биологических средах: Сборник методических указаний. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. 168 с.

повых различий и критерий Фишера ($F \geq 3,96$) при оценке различия дисперсий при заданном критерии значимости $p \leq 0,05$. Моделирование причинно-следственных связей между концентрацией химических веществ в крови и изменением лабораторного показателя выполняли методом нелинейного регрессионного анализа. Оценку достоверности параметров и адекватности модели проводили на основании однофакторного дисперсионного анализа по критерию Фишера ($F > 3,96$), коэффициенту детерминации (R^2) и t-критерию Стьюдента ($t > 2$) при заданном уровне значимости $p \leq 0,05$[5].

Результаты. В атмосферном воздухе жилой застройки за анализируемый период установлено повышенное содержание относительно предельно допустимых концентраций оксида никеля (от 1,3 до 1,8 ПДКсс) и оксида меди (от 1,2 до 1,8 ПДКсс). При этом в атмосферном воздухе стабильно регистрируется присутствие хрома (VI) в диапазоне 0,01–0,03 ПДКсс.

Анализ общей и первичной заболеваемости взрослого населения территории наблюдения относительно территории сравнения показал достоверное превышение болезней органов дыхания в 2,4–2,8 раза, в том числе в виде аллергического ринита – в 4,8–5,7 раза, хронической болезни миндалин и аденоидов – в 2,1–2,6 раза, хронического бронхита – в 3,3–6,0 раза, хронической обструктивной легочной болезни – в 1,5 раза, болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, – в 1,5–9,3 раза ($p \leq 0,05$) (см. табл. 1).

В крови женщин группы наблюдения установлены повышенные в 1,3–1,4 раза уровни никеля ($0,0052 \pm 0,0011$ мкг/см^3) и хрома ($0,0075 \pm 0,0010$ мкг/см^3) относительно данных показателей в группе сравнения ($p = 0,002–0,047$) и в 5,0–7,5 раза относительно референтных уровней (RfL никеля и хрома в крови – 0,001 мкг/см^3)[6]. Средняя концентрация меди в крови ($1,0177 \pm 0,0475$ мкг/см^3) также достоверно превысила уровень аналогичного показателя в группе сравнения и референтное значение показателя (RfL меди в крови – 0,9 мкг/см^3 [11]) ($p = 0,018$).

Таблица 1. **Показатели общей и первичной заболеваемости взрослого населения болезнями органов дыхания, крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм, сл./1000 (данные государственной статотчетности)**

Table 1. **Incidence and prevalence rates of respiratory diseases, diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism per 1,000 adult population (state statistical reporting data)**

Класс болезней / Disease category	Среднее за 2016–2020 гг., сл./1000 / 2016–2020 average rates, cases per 1,000 adult population		Достоверность различий / Statistical significance ($p \leq 0.05$)
	территория наблюдения / observation area	территория сравнения / comparison area	
Общая заболеваемость / Prevalence			
J00–J98 Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	316,73	132,30	≤ 0,05
J30.1 Аллергический ринит (поллиноз) / Allergic rhinitis (hay fever)	0,64	0,11	≤ 0,05
J35–J36 Хронические болезни миндалин и аденоидов / Chronic diseases of the tonsils and adenoids	12,32	4,70	≤ 0,05
J40–J43 Бронхит хронический и неуточненный, эмфизема / Chronic and unspecified bronchitis, emphysema	33,13	10,20	≤ 0,05
J44 Другая хроническая обструктивная легочная болезнь / Other chronic obstructive pulmonary disease	10,50	7,12	≤ 0,05
J45–J46 Астма, астматический статус / Asthma, status asthmaticus	11,07	11,22	0,61
D50–D89 Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism	12,87	8,88	≤ 0,05
D80–D89 Отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Certain disorders involving the immune mechanism	0,75	0,08	≤ 0,05
Первичная заболеваемость / Incidence			
J00–J98 Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	244,44	86,17	≤ 0,05
J30.1 Аллергический ринит (поллиноз) / Allergic rhinitis (hay fever)	0,44	0,09	≤ 0,05
J35–J36 Хронические болезни миндалин и аденоидов / Chronic diseases of the tonsils and adenoids	1,52	0,74	0,01
J40–J43 Бронхит хронический и неуточненный, эмфизема / Chronic and unspecified bronchitis, emphysema	10,99	1,83	0,01
J44 Другая хроническая обструктивная легочная болезнь / Other chronic obstructive pulmonary disease	1,45	0,77	0,09
J45–J46 Астма, астматический статус / Asthma, status asthmaticus	0,75	0,76	0,93
D50–D89 Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism	2,60	6,48	0,22
D80–D89 Отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм / Certain disorders involving the immune mechanism	0,12	–	≤ 0,05
D60–D61 Анемии апластические / Aplastic anemia	0,09	0,05	1,8

[5] Гланц С. Медико-биологическая статистика / Под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. Москва: Практика, 1998. 459 с.
[6] Клиническое руководство по лабораторным тестам; под ред. проф. Норберта У. Тица / перевод с англ. под ред. В.В. Меньшикова. М.: ЮНИМЕД-пресс, 2003. 960 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61
Оригинальная исследовательская статья

Частота регистрации проб крови с повышенным содержанием исследуемых металлов в группе наблюдения относительно группы сравнения составила 40,7–48,2 %.

Сравнительный анализ результатов общеклинических и иммунобиохимических исследований позволил выделить у женщин группы наблюдения комплекс показателей, изменение которых достоверно отличается от физиологической нормы и аналогичных показателей в группе сравнения, и отражает развитие негативных эффектов со стороны органов дыхания, иммунной системы и системы крови. В группе наблюдения относительно физиологической нормы установлено повышение уровня эозинофилов в назальном секрете ($p = 0{,}001$) в 30,6 % случаев, лимфоцитов крови ($p = 0{,}0001$) – в 84,7 % случаев, специфического иммуноглобулина к меди ($p = 0{,}0001$) – в 66,3 % случаев, МДА плазмы крови ($p = 0{,}009$) – в 33,8 % случаев, а также снижение моноцитов крови ($p = 0{,}0001$) – в 96,5 % случаев, АОА в плазме крови ($p = 0{,}0001$) – в 79,8 % случаев. Остальные изучаемые показатели у женщин группы наблюдения находились в диапазоне физиологически оптимальных значений (см. табл. 2).

В группе наблюдения относительно группы сравнения выявлено достоверное повышение в 2,9 раза эозинофилов в назальном секрете ($p = 0{,}036$), в 1,9 раза – среднего значения индекса эозинофилии ($p = 0{,}033$), в 1,6 раза – относительного числа эозинофилов в крови ($p = 0{,}0001$), в 1,2 раза – уровня лимфоцитов в крови ($p = 0{,}0001$), в 1,2 раза – МДА в плазме крови ($p = 0{,}0001$), в 1,1 раза – ОЖСС в сыворотке крови ($p = 0{,}0006$), в 2,1 раза – IgG специфического к меди ($p = 0{,}0001$), в 1,5 раза – IgE специфического к никелю ($p = 0{,}027$), в 1,3 раза – IgE специфического к хрому, в 1,2–1,3 раза – иммуноглобулинов A, M, G в сыворотке крови ($p = 0{,}004$–$0{,}044$). У взрослых группы наблюдения относительно группы сравнения выявлено снижение в 1,9 раза ферритина в сыворотке крови ($p = 0{,}0001$), в 1,3 раза – тромбоцитов в крови ($p = 0{,}0001$), в 1,7 раза – фагоцитарного числа ($p = 0{,}0001$), в 1,4 раза – индекса фагоцитоза ($p = 0{,}0001$) и в 1,2 раза – процента фагоцитоза в крови ($p = 0{,}001$).

Таблица 2. **Сравнительный анализ общеклинических, иммунобиохимических показателей у обследованных женщин**
Table 2. **Comparative analysis of general clinical, immune, and biochemical parameters in the examined women**

Показатель / Indicator	Возрастная физиологическая норма / Age norm	Среднее значение показателя / Average value of the indicator ($M \pm m$)		Достоверность различий (p) средних межгрупповых значений / Significance of intergroup differences (p)
		Группа наблюдения / Observation group	Группа сравнения / Comparison group	
Эозинофилы в назальном секрете, ед./п. зр. / Eosinophils in nasal mucus, U/FOV	0–0	4,00 ± 2,01*	1,40 ± 0,33	0,036
Индекс эозинофилии в назальном секрете, % / Eosinophilia index in nasal mucus, %	0–13	1,31 ± 0.53	0,69 ± 0,21	0,033
Лимфоциты в крови, % / Blood lymphocytes, %	30–34	40,65 ± 1,37*	33,65 ± 2,31	0,0001
Тромбоциты в крови, 10^9/дм^3 / Blood platelets, 10^9/dm^3	180–320	204,42 ± 3,06	259,26 ± 3,59	0,0001
Относительное число эозинофилов в крови, % / Relative number of blood eosinophils, %	0,5–3,0	2,19 ± 0,35	1,33 ± 0,26	0,0001
Антиоксидантная активность плазмы крови, % / Plasma antioxidant activity, %	36,2–38,6	31,02 ± 1,29*	39,10 ± 1,85	0,0001
Малоновый диальдегид плазмы крови, мкмоль/см^3 / Plasma malondialdehyde, μmol/cm^3	1,8–2,5	2,61 ± 0,08*	2,19 ± 0,02	0,0001
Ферритин в сыворотке крови, нг/дм^3 / Ferritin in blood serum, ng/dm^3	10–120	18,48 ± 5,32	36,74 ± 6,47	0,0001
ОЖСС в сыворотке крови, мкмоль/дм^3 / Total iron binding capacity in blood serum, μmol/dm^3	49–69	77,59 ± 3,83*	68,17 ± 3,86	0,0006
IgG спец. к меди в сыворотке крови, усл. ед. / Specific IgG to copper in blood serum, c.u.	0–0,1	0,19 ± 0,03*	0,09 ± 0,01	0,0001
IgE спец. к никелю в сыворотке крови, МЕ/см^3 / Specific IgE to nickel in blood serum, ME/cm^3	0–1,55	0,197 ± 0,045	0,128 ± 0,04	0,027
IgE спец. к хрому в сыворотке крови, МЕ/см^3 / Specific IgE to chromium in blood serum, ME/cm^3	0–1,01	0,28 ± 0,06	0,22 ± 0,01	0,044
IgG в сыворотке крови, г/дм^3 / IgG in blood serum, g/dm^3	10–18	15,69 ± 0,94	13,57 ± 1,40	0,012
IgM в сыворотке крови, г/дм^3 / IgM in blood serum, g/dm^3	1,1–2,5	1,68 ± 0,103	1,50 ± 0,14	0,044
IgA в сыворотке крови, г/дм^3 / IgA in blood serum, g/dm^3	1,1–3	2,89 ± 0,23	2,29 ± 0,35	0,004
Фагоцитоз крови, % / Phagocytosis of blood, %	35–60	50,18 ± 2,37	60,13 ± 5,07	0,001
Фагоцитарное число крови, у.е. / Phagocytic number of blood, c.u.	0,8–1,2	0,70 ± 0,03*	1,21 ± 0,10	0,0001
Фагоцитарный индекс крови, у.е. / Phagocytic index of blood, c.u.	1,5–2	1,31 ± 0,03*	1,87 ± 0,09	0,0001

Примечание: * – показатель достоверно отличается от возрастной физиологической нормы ($p \leq 0{,}05$).
Notes: * the indicator is significantly different from the age norm ($p \leq 0.05$).

Анализ полученных моделей зависимости изменения исследуемых общеклинических и иммунобиохимических показателей от содержания меди, никеля и хрома в крови обследуемых лиц позволил выделить достоверные, адекватные и биологически правдоподобные причинно-следственные связи, представленные в табл. 3.

Обсуждение. В настоящем исследовании у женщин фертильного возраста, подвергающихся хроническому аэрогенному воздействию оксидов меди, никеля и хрома, доказательством факта экспозиции изучаемых токсикантов является повышенное до 1,4 раза содержание в крови меди, никеля и хрома относительно группы сравнения, до 7,5 раза относительно референтных уровней. При этом кровь является той биологической средой, которая адекватно отражает предшествующую химическую[7] [12].

По данным экспериментальных исследований оксиды меди, никеля и хрома даже в концентрациях ниже предельно допустимых значений в атмосферном воздухе способны выступать раздражителями слизистой оболочки верхних отделов дыхательных путей [13, 14] и опосредовать воспалительные реакции в эпителии [14]. Оксиды металлов продуцируют ряд цитокинов и интерлейкинов, способствующих искажению иммунного ответа организма [15], с последующим развитием неспецифической реактивности слизистой оболочки полости носа [16]. Установлено, что однократное ингаляционное воздействие изучаемых химических веществ приводит к снижению частоты биения ресничек респираторного тракта, следствием чего может являться нарушение мукоцилиарного клиренса [16]. В свою очередь, снижение эффективности мукоцилиарного клиренса в научной литературе рассматривается в качестве одного из ключевых механизмов формирования воспалительных и структурных изменений эпителия слизистой оболочки бронхов [17]. Выявленные в настоящем

Таблица 3. **Модели зависимости изменения общеклинических и иммунобиохимических показателей от содержания меди, никеля и хрома в крови**

Table 3. **Models of the relationship between blood levels of copper, nickel, and chromium and changes in general clinical, immunological, and biochemical parameters**

Вещество в крови / Blood metal	Показатель / Indicator	Направление изменения показателя / Direction of indicator change	Параметры модели «маркер экспозиции – биомаркер эффекта» / Parameters of the "exposure marker – effect biomarker" model			Достоверность модели / Statistical significance of the model ($p \leq 0.05$)
			b_0	b_1	R^2	
Медь / Copper	Относительное число эозинофилов / Relative number of eosinophils	↑	–2,22	1,02	0,10	0,005
	Лимфоциты / Lymphocytes	↑	–0,235	1,32	0,35	0,0001
	Тромбоциты / Platelets	↓	–4,63	2,75	0,22	0,0001
	Антиоксидантная активность / Antioxidant activity	↓	–0,66	1,65	0,15	0,0001
	Малоновый диальдегид / Malondialdehyde	↑	–3,07	1,19	0,09	0,022
	Процент фагоцитоза / Phagocytosis percentage	↓	–11,6	8,9	0,75	0,0001
	IgM	↑	–3,02	0,88	0,18	0,0001
	IgA	↑	–2,96	1,03	0,14	0,0001
	IgG спец. к меди / Specific IgG to copper	↑	–0,39	1,27	0,19	0,005
Никель / Nickel	Относительное число эозинофилов / Relative number of eosinophils	↑	–1,99	138,85	0,46	0,0001
	Лимфоциты / Lymphocytes	↑	–1,207	58,887	0122	0,002
	Тромбоциты / Platelets	↓	–3,98	295,60	0,69	0,0001
	Малоновый диальдегид / Malondialdehyde	↑	–1,72	72,65	0,16	0,016
	Антиоксидантная активность / Antioxidant activity	↓	–2,79	340,99	0,61	0,0001
	Ферритин / Ferritin	↓	–1,63	135,33	0,29	0,0001
	Процент фагоцитоза / Phagocytosis percentage	↓	–6,28	527,79	0,92	0,0001
	IgM	↑	–2,69	111,61	0,51	0,0001
	IgG	↑	–1,92	38,05	0,18	0,0001
Хром / Chromium	Относительное число эозинофилов / Relative number of eosinophils	↑	–0,94	53,57	0,14	0,0002
	Тромбоциты / Platelets	↓	–5,26	239,44	0,37	0,0001
	Малоновый диальдегид / Malondialdehyde	↑	–7,70	877,01	0,80	0,0001
	ОЖСС / Total iron binding capacity	↑	–0,16	329,89	0,44	0,015
	Ферритин / Ferritin	↓	–3,83	416,01	0,59	0,0001
	Фагоцитарное число / Phagocytic number	↓	–1,16	68,72	0,14	0,0001
	Фагоцитарный индекс / Phagocytic index	↓	–2,74	121,24	0,41	0,0001
	IgA	↑	–1,50	15,92	0,04	0,002
	IgM	↑	–2,92	91,15	0,46	0,0001
	IgE спец. к хрому / Specific IgE to chromium	↑	–3,99	158,91	0,23	0,0001

[7] Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Биомониторинг человека: факты и цифры. Копенгаген, 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.euro.who.int/ru/health-topics/environment-and-health/health-impact-assessment/publications/2015/human-biomonitoring-facts-and-figures (дата обращения: 10.09.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-54-61
Оригинальная исследовательская статья

исследовании изменения общеклинических и иммуно-биохимических показателей крови могут свидетельствовать о развитии воспалительно-пролиферативных процессов слизистой верхних и нижних дыхательных путей. Процесс усиливается индукцией окислительной активности и сопровождается дисбалансом клеточного и гуморального звена иммунитета [6, 18]. Установленная достоверная связь между повышенным уровнем относительного числа эозинофилов и лимфоцитов крови, а также неспецифических и специфических иммуноглобулинов и концентрацией меди, никеля и хрома в крови подтверждается повышенной до 2,8 раза популяционной распространенностью общей и первичной заболеваемости болезней органов дыхания в виде аллергического ринита, хронической болезни миндалин и аденоидов, хронического бронхита.

Ингаляционное воздействие изучаемых химических веществ вызывает нарушения не только со стороны органов дыхания и иммунной системы, но и может приводить к изменению ряда гематологических показателей, что представлено в настоящем исследовании. Хром, медь и никель являются прооксидантными металлами. В основе повреждающего действия данных химических веществ на мембраны эритроцитов лежит индукция процессов перекисного окисления посредством генерации активных форм кислорода [18]. В свою очередь, интенсификация перекисного окисления липидов приводит к неспецифической дезорганизации структуры мембраны эритроцитов, сопровождающейся снижением осмотической и кислотной резистентности эритроцитов, [19] влекущей за собой нарушение гомеостаза железа [20, 21]. Процесс подтверждается повышенным уровнем ОЖСС и, напротив, снижением ферритина в сыворотке крови. Кроме этого, в научной литературе подчеркивается, что избыток внутриклеточных активных форм кислорода снижает дифференцировку клеток в мегакариоцитарном ростке, что может повлечь за собой нарушение продукции тромбоцитов [22–24]. Несмотря на то что уровни сывороточного ферритина и тромбоцитов крови взрослых группы наблюдения находились в диапазоне физиологических значений, обращает на себя внимание достоверная зависимость снижения уровней данных показателей от повышенного содержания меди, никеля и хрома в крови. Перечисленные факты могут свидетельствовать, что одной из возможных причин повышения уровня общей заболеваемости болезнями крови является хроническая аэрогенная экспозиция меди, никеля и хрома.

В проведенном исследовании не исключается вероятность изменения лабораторных показателей, а также показателей заболеваемости, связанная с возможным влиянием иных факторов (наследственность, половозрастные особенности, вредные привычки), не изученных в данной работе. Однако установленные модели зависимости изменения уровня отдельных изучаемых лабораторных показателей от повышенного содержания меди, никеля и хрома в крови не исключают возможного повышения частоты возникновения аллергического ринита, хронической болезни миндалин и аденоидов, хронического бронхита, болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, при повышенной концентрации изучаемых веществ в крови.

Заключение. Выполненные исследования позволили установить ассоциативные связи между изменением уровня показателей негативных эффектов со стороны органов дыхания, системы крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, и повышенным содержанием меди, никеля и хрома в крови. Биомаркерами негативных эффектов в виде формирования неспецифической и специфической сенсибилизации, хронического воспаления, сопровождающихся дисбалансом гуморального и клеточного звена иммунитета, являются гиперпродукция эозинофилов в назальном секрете, лимфоцитов в крови, IgG специфического к меди, снижение фагоцитарного индекса и числа; нарушения гомеостаза железа – повышение ОЖСС и снижение ферритина в сыворотке крови; индукции окислительных процессов – повышение МДА в плазме крови; истощение общей антиоксидантной активности организма – снижение АОА в плазме крови. Полученные результаты целесообразно использовать для раннего выявления и последующего обоснования адресных мер профилактики негативных последствий со стороны органов дыхания, системы крови и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, этиопатогенетически связанных с аэрогенным комбинированным воздействием оксидов никеля, хрома и меди.

Список литературы

1. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2 (251). С. 4–7.
2. Клюев Н.Н., Яковенко Л.М. «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 237–250. doi: 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250
3. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, *et al.* Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet.* 2014;383(9919):785-95. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62158-3
4. Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 4–15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
5. Май И.В., Зайцева Н.В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15
6. Marsili R. Flavors and off-flavors in dairy foods. In: McSweeney PLH, McNamara JP, eds. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition). Academic Press*; 2022:560–578. doi: 10.1016/B978-0-12-818766-1.00301-9
7. Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MN. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: Karcioglu O, Arslan B, eds. *Poisoning in the Modern World – New Tricks for an Old Dog*? London: IntechOpen; 2019. doi: 10.5772/intechopen.82511
8. Аликина И.Н., Долгих О.В. Иммунологические маркеры формирования бронхиальной астмы у детей в условиях контаминации биосред техногенными химическими факторами // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 6. С. 670–674. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-670-674
9. Skalny AV, Lima TRR, Ke T, *et al.* Toxic metal exposure as a possible risk factor for COVID-19 and other respiratory infectious diseases. *Food Chem Toxicol.* 2020;146:111809. doi: 10.1016/j.fct.2020.111809
10. Газимова В.Г., Шастин А.С., Малых О.Л., Цепилова Т.М., Устюгова Т.С. Некоторые региональные аспекты заболеваемости трудоспособного населения Уральского

федерального округа // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-7-15
11. Тихонова И.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Пескова Е.В., Игнатова А.М. Гигиеническая оценка аэрогенного воздействия взвешенных веществ на заболеваемость детей болезнями органов дыхания в зоне влияния источников выбросов металлургического производства // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 61–69. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.07
12. Willey JB, Pollock T, Thomson EM, *et al*. Exposure Load: Using biomonitoring data to quantify multi-chemical exposure burden in a population. *Int J Hyg Environ Health*. 2021;234:113704. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113704
13. Roudier J, Balandraud N, Auger I. How RA associated HLA-DR molecules contribute to the development of antibodies to citrullinated proteins: The hapten carrier model. *Front Immunol*. 2022;13:930112. doi: 10.3389/fimmu.2022.930112
14. Auger I, Balandraud N, Massy E, *et al*. Peptidylarginine deiminase autoimmunity and the development of anti-citrullinated protein antibody in rheumatoid arthritis: The hapten-carrier model. *Arthritis Rheumatol*. 2020;72(6):903-911. doi: 10.1002/art.41189
15. Ban M, Langonné I, Goutet M, Huguet N, Pépin E. Simultaneous analysis of the local and systemic immune responses in mice to study the occupational asthma mechanisms induced by chromium and platinum. *Toxicology*. 2010;277(1-3):29-37. doi: 10.1016/j.tox.2010.08.010
16. Меркулова Е.П., Колесникова С.Н. Хроническая назальная гиперреактивность // Медицинский совет. 2017. № 9. С. 60–64. doi: 10.21518/2079-701X-2017-9-60-64
17. Одиреев А.Н., Чжоу С.Д., Ли Ц., Колосов В.П., Луценко М.Т. Нарушения мукоцилиарного клиренса при бронхиальной астме // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2010. № 37. С. 15–21.
18. Садрисламова А.Р., Гусева П.М., Корнеева П.М. Иммунодефицитные состояния: патогенез, виды // Молодой ученый. 2022. № 1 (396). С. 39–41.
19. Рыспекова Н.Н., Нурмухамбетов А.Н., Аскарова А.Е., Аканов А.А. Роль тяжелых металлов в развитии анемий (обзор литературы) // Вестник КазНМУ. 2013. № 3 (2). С. 46–51.
20. Орлов Ю.П., Говорова Н.В., Ночная Ю.А., Руднов В.А. Анемия воспаления: особенности, необходимость и возможность коррекции. Обзор литературы // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2019. № 1. С. 20–35. doi: 10.21320/1818-474X-2019-1-20-35
21. Потемина Т.Е., Волкова С.А., Кузнецова С.В., Перешеин А.В. Общие вопросы метаболизма железа и патогенеза железодефицитной анемии // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2020. № 3 (45). С. 125–137.
22. Shinohara A, Imai Y, Nakagawa M, Takahashi T, Ichikawa M, Kurokawa M. Intracellular reactive oxygen species mark and influence the megakaryocyte-erythrocyte progenitor fate of common myeloid progenitors. *Stem Cells*. 2014;32(2):548–557. doi: 10.1002/stem.1588
23. Mazzi S, Lordier L, Debili N, Raslova H, Vainchenker W. Megakaryocyte and polyploidization. *Exp Hematol*. 2018;57:1-13. doi: 10.1016/j.exphem.2017.10.001
24. Mann Z, Sengar M, Verma YK, Rajalingam R, Raghav PK. Hematopoietic stem cell factors: Their functional role in self-renewal and clinical aspects. *Front Cell Dev Biol*. 2022;10:664261. doi: 10.3389/fcell.2022.664261

References

1. Popova AYu. Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(2(251)):4-7. (In Russ.)
2. Klyuev NN, Yakovenko LM. "Dirty" cities in Russia: factors determining air pollution. *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Ekologiya i Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2018;26(2):237-250. doi: 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250
3. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, *et al*. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*. 2014;383(9919):785-95. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62158-3
4. Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):4-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15
5. May IV, Zaitseva NV. Population health risk and harm indicators in the system of new mechanisms for air quality monitoring and management. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):7-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15
6. Marsili R. Flavors and off-flavors in dairy foods. In: McSweeney PLH, McNamara JP, eds. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*. *Academic Press*; 2022:560–578. doi: 10.1016/B978-0-12-818766-1.00301-9
7. Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MN. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: Karcioglu O, Arslan B, eds. *Poisoning in the Modern World – New Tricks for an Old Dog*? London: IntechOpen; 2019. doi: 10.5772/intechopen.82511
8. Alikina IN, Dolgikh OV. Immunological markers of the development of bronchial asthma under conditions of contamination by bio-mediated technogenic chemical factors in children. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(6):670-674. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-6-670-674
9. Skalny AV, Lima TRR, Ke T, *et al*. Toxic metal exposure as a possible risk factor for COVID-19 and other respiratory infectious diseases. *Food Chem Toxicol*. 2020;146:111809. doi: 10.1016/j.fct.2020.111809
10. Gazimova VG, Shastin AS, Malykh OL, Tsepilova TM, Ustyugova TS. Some regional aspects of disease incidence in the working-age population of the Ural Federal District. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(11):7-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-7-15
11. Tikhonova IV, Zemlyanova MA, Kol'dibekova YuV, Peskova EV, Ignatova AM. Hygienic assessment of aerogenic exposure to particulate matter and its impacts on morbidity with respiratory diseases among children living in a zone influenced by emissions from metallurgic production. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):60–68. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.07.eng
12. Willey JB, Pollock T, Thomson EM, *et al*. Exposure Load: Using biomonitoring data to quantify multi-chemical exposure burden in a population. *Int J Hyg Environ Health*. 2021;234:113704. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113704
13. Roudier J, Balandraud N, Auger I. How RA associated HLA-DR molecules contribute to the development of antibodies to citrullinated proteins: The hapten carrier model. *Front Immunol*. 2022;13:930112. doi: 10.3389/fimmu.2022.930112
14. Auger I, Balandraud N, Massy E, *et al*. Peptidylarginine deiminase autoimmunity and the development of anti-citrullinated protein antibody in rheumatoid arthritis: The hapten-carrier model. *Arthritis Rheumatol*. 2020;72(6):903-911. doi: 10.1002/art.41189
15. Ban M, Langonné I, Goutet M, Huguet N, Pépin E. Simultaneous analysis of the local and systemic immune responses in mice to study the occupational asthma mechanisms induced by chromium and platinum. *Toxicology*. 2010;277(1-3):29-37. doi: 10.1016/j.tox.2010.08.010
16. Merkulova EP, Kolesnikova SN. Chronic nasal hyper-reactivity (current classifications, clinical pattern, diagnosis). *Meditsinskiy Sovet*. 2017;(9):60-64. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2017-9-60-64
17. Odireev AN, Zhou XD, Li Q, Kolosov VP, Lutsenko MT. Mucociliary clearance disturbances in bronchial asthma. *Byulleten' Fiziologii i Patologii Dykhaniya*. 2010;(37):15-21. (In Russ.)
18. Sadrislamova AR, Guseva PM, Korneeva VM. [Immunodeficiency states: pathogenesis, types.] *Molodoy Uchenyy*. 2022;(1(396)):39–41. (In Russ.)
19. Ryspekova NN, Nurmukhambetov AN, Askarova AE, Akanov AA. Role of heavy metals in anemia (Review). *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta*. 2013;(3-2):46-51. (In Russ.)
20. Orlov YuP, Govorova NV, Nochnaja YuA, Rudnov VA. Anemia of inflammation: features, the necessity for and possibility of correction (literature review). *Vestnik Intensivnoy Terapii imeni A.I. Saltanova*. 2019;(1):20–35. (In Russ.) doi: 10.21320/1818-474X-2019-1-20-35
21. Potemina TE, Volkova CA, Kuznetsova SV, Pereshein AV. General issues of iron metabolism and pathogenesis of iron deficiency anemia. *Vestnik Meditsinskogo Instituta "REAVIZ": Reabilitatsiya, Vrach i Zdorov'e*. 2020;(3(45)):125-137. (In Russ.)
22. Shinohara A, Imai Y, Nakagawa M, Takahashi T, Ichikawa M, Kurokawa M. Intracellular reactive oxygen species mark and influence the megakaryocyte-erythrocyte progenitor fate of common myeloid progenitors. *Stem Cells*. 2014;32(2):548–557. doi: 10.1002/stem.1588
23. Mazzi S, Lordier L, Debili N, Raslova H, Vainchenker W. Megakaryocyte and polyploidization. *Exp Hematol*. 2018;57:1-13. doi: 10.1016/j.exphem.2017.10.001
24. Mann Z, Sengar M, Verma YK, Rajalingam R, Raghav PK. Hematopoietic stem cell factors: Their functional role in self-renewal and clinical aspects. *Front Cell Dev Biol*. 2022;10:664261. doi: 10.3389/fcell.2022.664261

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68
Оригинальная исследовательская статья

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

© Коллектив авторов, 2022
УДК 614.446.1:578.834.1

Использование средств защиты органов дыхания во время и после отмены ограничительных мероприятий в связи с пандемией COVID-19

Т.С. Исютина-Федоткова, Е.А. Шашина, В.В. Макарова, Д.В. Щербаков, А.А. Климова, О.В. Митрохин

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Российская Федерация

Резюме

Введение. Пандемия коронавируса показала значимость неспецифических мер профилактики инфекционных заболеваний, в том числе использования средств защиты органов дыхания (СЗОД). Несмотря на улучшение эпидемиологической обстановки и постепенное снятие ограничительных мер, часть населения продолжает использовать маски.

Цель исследования: анализ использования средств защиты органов дыхания во время действия ограничительных мероприятий в период пандемии COVID-19 и после их отмены (на примере студентов-медиков города Москвы).

Материалы и методы. Исследование проводилось с использованием анкетирования (в два этапа: март 2021, март – апрель 2022) и наблюдения (март 2022). Респонденты – российские студенты 3-го курса Института клинической медицины Сеченовского университета (988 и 830 анкет в каждом из этапов анкетирования соответственно). В анкеты входили вопросы, касающиеся социально-демографической характеристики респондентов; ношения масок в общественных местах; побудительных мотивов использования СЗОД. Методом наблюдения осуществлен подсчет студентов, находящихся на занятиях в СЗОД (среди 816 российских и 96 иностранных обучающихся).

Результаты. В период действия ограничительных мер 97,5 % опрошенных использовали СЗОД. Основными побудительными причинами являлись введение «масочного режима», необходимость вхождения в тесный контакт с другими людьми. Чаще всего использовали маски при посещении медицинских организаций, продовольственных магазинов, аптек; пользовании метро; в образовательных учреждениях.

В первые две недели после отмены «масочного режима» 18,3 % студентов продолжали носить СЗОД (9,9 % – российских, 89,6 % – иностранных), а по результатам далее проведенного анкетирования маски носили 7,2 % российских студентов-медиков. Основным мотивом в данном случае являлась «забота об окружающих». В случае угрозы подъема заболеваемости 97,6 % опрошенных будут использовать СЗОД, 74,7 % – рекомендовать данную меру профилактики родственникам.

Ограничения исследования. В связи с тем, что в исследовании приняли участие только студенты-медики в возрасте от 20 до 23 лет и небольшим временным периодом, прошедшим с момента отмены ограничительных мер, представляет интерес дальнейшее исследование, в т. ч. в динамике, в различных возрастных и социальных группах населения.

Выводы. Студенты-медики продолжают использовать СЗОД после отмены ограничений, делая это в большей степени для защиты окружающих.

Ключевые слова: анкетирование, студенты-медики, средства защиты органов дыхания, лицевые маски, пандемия COVID-19.

Для цитирования: Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В., Щербаков Д.В., Климова А.А., Митрохин О.В. Использование средств защиты органов дыхания во время и после отмены ограничительных мероприятий в связи с пандемией COVID-19 // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 62–68. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68

Сведения об авторах:

✉ **Исютина-Федоткова** Татьяна Сергеевна – к.м.н., доцент кафедры общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: isyutina-fedotkova_t_s@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8423-9243.

Шашина Екатерина Андреевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: shashina_e_a@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5294-6813.

Макарова Валентина Владимировна – к.м.н., доцент, доцент кафедры общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: makarova_v_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7213-4265.

Щербаков Денис Викторович – к.м.н., доцент, доцент кафедры общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: shcherbakov_d_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0226-9276.

Климова Анна Алексеевна – студентка 5-го курса Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: klimova_a_a@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8939-9315.

Митрохин Олег Владимирович – д.м.н., заведующий кафедрой общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; e-mail: mitrokhin_o_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6403-0423.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В., Щербаков Д.В., Митрохин О.В.*; сбор данных: *Щербаков Д.В., Климова А.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В., Щербаков Д.В.*; литературный обзор: *Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В.*; подготовка рукописи: *Исютина-Федоткова Т.С., Шашина Е.А., Макарова В.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследовано одобрено на заседании Локального этического комитета ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Протокол № 0521 от 10.03.2021). От всех участников было получено информированное согласие.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 09.07.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Use of Respiratory Protective Equipment during and after Lifting of Public Health Restrictions due to the COVID-19 Pandemic

Tatiana S. Isiutina-Fedotkova, Ekaterina A. Shashina, Valentina V. Makarova, Denis V. Shcherbakov, Anna A. Klimova, Oleg V. Mitrokhin

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Bldg. 2, 8 Trubetskaya Street, Moscow, 119991, Russian Federation

Summary
Introduction: The COVID-19 pandemic has shown the importance of non-specific measures of infectious disease prevention, including the use of respiratory protective equipment. Despite the improvement in the epidemiological situation and gradual lifting of public health restrictions, some people keep wearing face masks.
Objective: To analyze the use of respiratory protective equipment in accordance with COVID-19 face mask requirements and after the end of the mask mandate among medical students in Moscow.
Materials and methods: The questionnaire-based survey was conducted in two stages in March 2021 and in March–April 2022 among 988 and 830 third year students of the Institute of Clinical Medicine, Sechenov University, respectively, to collect data on socio-demographic characteristics, the practice of wearing face masks in public places, and the incentives to use them. The observational study was carried out in March 2022 among 816 Russian and 96 foreign students by counting those wearing face masks in the classrooms.
Results: We established that 97.5 % of the respondents used respiratory protective equipment during the period of restrictive public health measures. The main reasons for doing that were a mask mandate due to coronavirus and the necessity of personal contacts with other people. The survey showed that masks were most often used in health facilities, supermarkets, pharmacies, subway, and at the university. During the first two weeks after abolishing mandatory wearing of face masks, 18.3 % of all the respondents continued their use, mainly out of concern for other people's health, of whom 9.9 % and 89.6 % were Russian and foreign medical students, respectively. The second survey demonstrated that 7.2 % of the Russian medical students kept wearing masks in some settings later on. In case of yet another increase in the COVID-19 incidence, 97.6 % of the respondents intend to use respiratory protective equipment and 74.7 % of them plan to recommend this preventive measure to their relatives.
Study limitations: Due to the fact that only medical university students aged 20 to 23 took part in the research and in view of the short time period that had elapsed since lifting of masking requirements, it is of interest to survey various age and social population groups in a longer-term perspective.
Conclusions: Medical students continue using respiratory protective equipment after the restrictions are lifted, mainly to protect others.
Keywords: questionnaire-based survey, medical students, respiratory protective equipment, face masks, COVID-19 pandemic.

For citation: Isiutina-Fedotkova TS, Shashina EA, Makarova VV, Shcherbakov DV, Klimova AA, Mitrokhin OV. Use of respiratory protective equipment during and after lifting of public health restrictions due to the COVID-19 pandemic. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):62–68. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68

Author information:
✉ Tatiana S. **Isiutina-Fedotkova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: isyutina-fedotkova_t_s@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8423-9243.
Ekaterina A. **Shashina**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: shashina_e_a@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5294-6813.
Valentina V. **Makarova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: makarova_v_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7213-4265.
Denis V. **Shcherbakov**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: shcherbakov_d_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0226-9276.
Anna A. **Klimova**, 5th year student, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: klimova_a_a@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8939-9315.
Oleg V. **Mitrokhin**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of General Hygiene, F.F. Erisman Institute of Public Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: mitrokhin_o_v@staff.sechenov.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6403-0423.

Author contributions: study conception and design: *Isiutina-Fedotkova T.S., Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Mitrokhin O.V.*; data collection: *Shcherbakov D.V., Klimova A.A.*; analysis and interpretation of results: *Isiutina-Fedotkova T.S., Shashina E.A., Makarova V.V, Shcherbakov D.V.*; literature review: *Isiutina-Fedotkova T.S., Shashina E.A., Makarova V.V.*; draft manuscript preparation: *Isiutina-Fedotkova T.S., Shashina E.A., Makarova V.V*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Study approval was provided by the Local Ethics Committee of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Minutes No. 0521 of March 10, 2021). 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: July 9, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Пандемия коронавируса показала значимость неспецифических мер профилактики инфекционных заболеваний. В начале достаточно длительного периода, когда ученые всего мира работали над созданием специфических вакцин, меры, направленные на разрыв механизма передачи, являлись основными. Так, были введены требования по соблюдению социальной дистанции, выявлению и ограничению контактов, карантинным мероприятиям, изоляции, гигиене рук, обязательному использованию средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи рук [1–5].

Ношение масок не потеряло своей актуальности даже после внедрения массовой вакцинации: часть населения имеет медицинские противопоказания к проведению прививок, отдельные группы – низкую приверженность вакцинопрофилактике [6], в том числе новой коронавирусной инфекции [7]. Можно отметить, что использование масок наиболее легко осуществимо (например, по сравнению с выполнением требований социального дистанцирования) [8–10]. Эксперты Всемирной организации здравоохранения признали данную меру неспецифической профилактики эффективной [11]. Пандемия во всем мире не преодолена, появляются новые штаммы вируса, продолжают регистрироваться подъемы заболеваемости[1,2] [12].

В самом начале пандемии возникли определенные трудности, связанные с обеспечением населения средствами защиты органов дыхания (СЗОД), поскольку это был первый опыт массового применения масок. В последующем эта проблема была успешно решена, сейчас населению доступен широкий ассортимент как одноразовых, так и многоразовых СЗОД: респираторов, медицинских, немедицинских масок, лицевых щитков. Изделия характеризуются многообразием материалов,

[1] WHO Director-General's opening remarks at the COVID-19 media briefing – 14 June 2022. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-covid-19-media-briefing--14-june-2022 (дата обращения: 12.07.2022).
[2] Информационный бюллетень о ситуации и принимаемых мерах по недопущению распространения заболеваний, вызванных новым коронавирусом. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID = 21930 (дата обращения: 22.06.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68
Оригинальная исследовательская статья

количеством слоев, дизайном исполнения [13]. Отметим, что респираторы являются наиболее эффективными в отношении защиты от вирусного аэрозоля, а маски – инфекций, распространяющихся воздушно-капельным путем [2, 11].

Важную роль в эффективности защиты масок от инфекции играют особенности их индивидуального использования населением: способ ношения (маска закрывает рот и нос, плотно прилегая к лицу, или только рот), продолжительность ношения, вид и частота обработки многоразовых изделий. Основными факторами, которые положительно влияют на готовность населения носить маски для лица, являются: отношение к безопасности, восприятие риска пандемии, социальные нормы и предполагаемая польза масок. Тогда как стоимость масок, как правило, имеет противоположный эффект [14]. Имеет значение также понимание эффективности защиты с помощью масок, забота об окружающих. Вместе с тем наличие штрафов за несоблюдение масочного режима также рассматривается как побудительный мотив [15]. Важными поведенческими предикторами выполнения рекомендаций по ношению масок являются наблюдение за другими окружающими [16] и социальное давление [17]. На соблюдение населением рассматриваемых профилактических мер также влияют регион проживания (сельские или городские территории), жилищные условия, уровень образования, профессия и уровень дохода [10, 17–21].

Выявлено, что обеспеченные люди подвержены повышенному риску, поскольку имеют больше возможностей путешествовать, посещать места массовых развлечений и занятий спортом [22]. В ряде стран низкий социально-экономический статус населения, нехватка профилактических средств и официальных информационных каналов остаются факторами, снижающими эффективность данной меры защиты [23].

Отказ от ношения масок может быть обусловлен тем, что часть населения не верит в эффективность масок из-за неоднозначных рекомендаций врачей и различных организаций здравоохранения, а также старается не афишировать свой страх инфицирования [24]. Немаловажную роль могут играть неудобства и проблемы, связанные с ношением масок (реакции со стороны кожных покровов, головная боль, затруднение дыхания) [25–27]. Свой вклад вносит также практически низкая культура ношения лицевых масок, характерная для жителей большинства европейских стран, в отличие от жителей Азии [18, 24, 25, 28]. Возможны несерьезное отношение населения к своему здоровью и недостаточная осведомленность в вопросах эффективности масок. Результаты некоторых исследований свидетельствуют о гендерных различиях: мужчины реже носят маски [29, 30]. Женщины, как правило, более ответственны за себя и своих детей и предпринимают больше усилий по сохранению здоровья семьи (соблюдение самоизоляции, использование средств индивидуальной защиты) [15, 31].

Такой фактор, как возраст, также существенно влияет на использование защитных масок. Как правило, молодые люди менее охотно использовали СЗОД [15, 21]. Однако в ряде публикаций сообщается о том, что студенты-медики достаточно ответственно относились к использованию масок во время пандемии [32–34].

В настоящее время в связи со стабильным улучшением эпидемиологической ситуации на большей части территории Российской Федерации постепенно отменяется ряд ограничительных мер, в том числе обязательное ношение масок. Так, для жителей Москвы данная мера отменена с 15 марта 2022 г.[3] и носит рекомендательный характер, однако часть населения продолжает использовать СЗОД. Это представляет интерес в плане выявления побудительных мотивов такого поведения.

Целью исследования явился анализ использования средств защиты органов дыхания во время действия ограничительных мероприятий в период пандемии COVID-19 и после их отмены (на примере студентов-медиков города Москвы).

Материалы и методы. Оценка использования масок проводилась в два этапа (март 2021 г., март – апрель 2022 г.) по результатам анкетирования и наблюдения. Анкеты разрабатывались коллективом кафедры общей гигиены Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова. Респондентами явились российские студенты 3-го курса Института клинической медицины в марте 2021 г. и в марте – апреле 2022 г.

В анкеты входили следующие блоки вопросов: социально-демографический; ношение масок в различных общественных местах; побудительные мотивы использования СЗОД в период пандемии и после отмены данной обязательной меры (в соответствии с периодом исследования).

На первом этапе (во время действия обязательного «масочного режима») для анализа было принято 988 анкет, на втором этапе (после его отмены) – 830 анкет.

Также был использован метод наблюдения (на втором этапе на 1-й и 2-й неделях после отмены «масочного режима»), в ходе которого мы осуществляли подсчет студентов, находящихся на практических занятиях на кафедре общей гигиены в СЗОД (среди 816 российских и 96 иностранных обучающихся).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ Statistica Base. Рассчитывались абсолютные и средние величины ($M \pm SD$), а также относительные частоты (экстенсивные и интенсивные). Для интенсивных показателей рассчитывали 95%-й доверительный интервал по методу Уилсона, данные представляли в формате P (95 % ДИ). Экстенсивные величины представляли в процентах. Значимость различий признаков определяли на основании величины критерия соответствия Пирсона (χ^2). Критическое значение уровня значимости (p) при проверке статистических гипотез принималось за $p < 0,05$.

Результаты. Проанализированы анкеты участников исследования: на первом этапе – 244 мужчин и 744 женщин, на втором этапе – 160 и 670 соответственно. Средний возраст респондентов составил 21,8 года ($SD \pm 0,94$). Статистически значимых гендерных различий в ответах респондентов выявлено не было.

[3] Указ Мэра Москвы от 14 марта 2022 г. № 14-УМ «О признании утратившими силу отдельных положений указа Мэра Москвы от 8 июня 2020 г. № 68-УМ». [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://base.garant.ru/403694962 (дата обращения: 29.06.2022).

В период действия ограничительных мер 97,5 % опрошенных использовали средства защиты органов дыхания. Побуждающие мотивы представлены в табл. 1.

Проанализировано соблюдение «масочного режима» респондентами в различных общественных местах (см. табл. 2).

После отмены «масочного режима» СЗОД продолжают носить 7,2 % (5,7–9,2) респондентов. Результаты оценки причин их использования представлены в табл. 3.

Результаты показали, что наиболее значимой причиной является забота об окружающих ($\chi^2 = 7{,}552$, $p < 0{,}01$).

Необходимо отметить, что 97,6 % (96,3–98,4) респондентов будут использовать СЗОД при возникновении угрозы подъема заболеваемости COVID-19 или другой воздушно-капельной инфекции, из них 49,4 % (36,6–66,3) будут носить маски только в случае введения данной ограничительной меры, а 48,2 % (44,8–51,6) опрошенных будут использовать СЗОД, руководствуясь личными мотивами.

При этом наиболее частыми причинами ношения масок будут являться забота об окружающих – 76,5 % (73,5–79,3), $\chi^2 = 35{,}402$, $p < 0{,}001$; опасение административного наказания (штрафа) – 63,0 % (59,6–66,2) и боязнь заражения от окружающих – 61,7 % (58,3–65,0). Не считают нужным применять данный способ неспецифической профилактики 2,4 % (1,6–3,7).

В целом более половины респондентов (53,0 % (49,6–56,4)) считают ношение масок эффективной мерой неспецифической профилактики, затруднились с ответом 19,3 % (16,7–22,1). Вместе с тем 74,7 % (71,6–77,5) студентов-медиков будут рекомендовать использование масок для профилактики воздушно-капельных инфекций.

Проведенное визуальное наблюдение показало, что в первые две недели после отмены обязательного ношения СЗОД 18,3 % (15,9–20,9) студентов-медиков продолжали использовать их во время нахождения на практических занятиях. Среди российских студентов этот показатель составил 9,9 % (8,1–12,2), среди иностранных – 89,6 % (81,9–94,2), $\chi^2 = 364{,}359$, $p < 0{,}001$.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что статистически значимых гендерных различий в ответах студентов-медиков

Таблица 1. **Побудительные причины соблюдения «масочного режима» респондентами**
Table 1. **The reasons for wearing face masks as reported by the respondents**

Причина / Reason	Доля респондентов, % (ДИ) / Respondents, % (CI)
Введение «масочного режима» в регионе проживания / Mandatory face mask wearing issued in the region of residence	75,8 (73,0–78,5)
Необходимость вхождения в тесный контакт с другими людьми / Necessity to contact with other people	55,5 (52,3–58,7)
Текущая эпидемиологическая ситуация / Current epidemiological situation	51,3 (48,1–54,6)
Просьбы родственников, коллег / Requests from relatives and/or colleagues	43,4 (40,2–46,6)
Нахождение в контакте с людьми, которые плохо себя чувствуют или имеют явные признаки заболевания / Being in contact with people feeling unwell or having obvious signs of a respiratory disease	15,0 (12,9–17,5)
Наличие у себя симптомов заболевания (температура, слабость, респираторные симптомы) / Having signs of a disease (fever, weakness, respiratory symptoms)	2,8 (1,9–4,1)

Таблица 2. **Соблюдение «масочного режима» респондентами в общественных местах**
Table 2. **Reported mask wearing by the respondents in public places**

Общественные места / Public places	Доля респондентов, постоянно использующих маски, % (ДИ) / Proportion of the respondents wearing masks constantly, % (CI)
Медицинские организации / Health facilities	91,5 (89,4–93,2)
Магазины (продовольственные) и аптеки / Grocery stores and pharmacies	88,3 (85,9–90,3)
Метрополитен / Subway	86,3 (84,0–88,4)
Образовательные учреждения / Educational institutions	85,2 (82,8–87,3)
Наземный транспорт (городской) / Ground transport (urban)	67,4 (64,4–70,3)
Магазины (непродовольственные) / Non-food stores	59,1 (55,9–62,4)
Электротранспорт (пригородный) / Electric transport (suburban)	54,2 (50,1–57,3)

Таблица 3. **Побудительные причины использования масок респондентами после отмены их обязательного ношения**
Table 3. **The reported reasons for wearing face masks after the end of the mask mandate**

Причина / Reason	Доля респондентов, % (ДИ) / Respondents, % (CI)
Чтобы не заразить окружающих при появлении у себя первых признаков заболевания / Concerns of other people's health when noticing first signs of a respiratory disease	66,7 (54,1–77,3)
Беспокойство о своем здоровье при нахождении в местах массового скопления людей / Health concerns when visiting crowded places	41,7 (30,1–54,3)
Сформировалась привычка / Habit	35,0 (24,2–47,6)
Посещение медицинских организаций / Visits to a doctor	20,0 (11,8–31,8)
Аллергия (в т. ч. сезонная) / Allergy (including seasonal)	15,0 (8,1–26,1)
«Масочный режим» не отменен на работе / Mandatory wearing of face masks at the workplace	13,3 (6,9–24,1)

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68
Оригинальная исследовательская статья

не выявлено. Это согласуется как с данными нашего пилотного исследования, проведенного ранее [35], так и с литературными источниками [36]. Тем не менее многие авторы отмечают, что мужчины реже носят маски [37] в силу характерного для них рискованного поведения по отношению к своему здоровью [29], связанного в том числе с традиционной ролью мужчин в обществе [30]. В то время как женщины проявляют большую ответственность за сохранение здоровья семьи [15, 31]. Однако это характерно для более старшей возрастной группы по сравнению с возрастным составом респондентов в настоящем исследовании.

Почти все опрошенные студенты-медики носили СЗОД во время пандемии (97,5 %). Анализ литературных данных выявил достаточно большой разброс по доле студентов, носящих маски во время пандемии (от 58,1 до 99,1 %). Однако для большинства стран этот показатель составил более 90,0 %, что сопоставимо с результатами нашего исследования [10, 34, 37–43].

Побуждающим мотивом к ношению СЗОД для большинства респондентов (75,8 %) было введение «масочного режима» в регионе проживания. Таким образом, можно сказать, что в условиях пандемии ношение масок стало социальной нормой. Чуть более половины респондентов надевали маски, осознавая риски сложившейся эпидемиологической ситуации (55,5 % – при невозможности соблюдать социальную дистанцию с другими людьми; 51,3 % – при ухудшении общей эпидемической обстановки в городе/стране; 15,0 % – при контакте с людьми, имеющими явные признаки заболевания). Только 2,8 % респондентов в качестве побудительной причины ношения СЗОД называли заботу об окружающих (при наличии у себя симптомов заболевания). Аналогичные тенденции были выявлены в исследовании Irfan M. и соавт. [14].

Чаще всего маски носили в медицинских организациях, продовольственных магазинах и аптеках, общественном транспорте, так как, по нашему мнению, эти объекты являются наиболее посещаемыми общественными местами и на них осуществлялись более жесткие методы контроля. Также это может быть связано с представлениями студентов-медиков о более высоком уровне риска заражения коронавирусной инфекцией на этих объектах.

При посещении образовательных учреждений масками пользуется 85,2 % студентов. Причинами отказа от использования масок могут быть: затруднение дыхания и зрения вследствие запотевания очков, ограничение своей личной свободы, потливость, невнятная речь, раздражение кожи лица и зуд [44, 45].

Отмена «масочного режима» не повлекла за собой 100 % отказа от ношения СЗОД. Как показало настоящее исследование, в первые две недели маски продолжали носить в целом 18,3 % студентов-медиков. Однако выявлены существенные различия в количестве студентов, использующих СЗОД на занятиях, в группах российских и иностранных (из стран Азии и Ближнего Востока) обучающихся: 9,9 против 89,6 % соответственно. Значительно более высокие показатели среди иностранных студентов могут быть обусловлены изначально более высокой культурой ношения СЗОД (в том числе в связи с предыдущими эпидемиями воздушно-капельных инфекций) в странах перечисленных регионов [18, 28].

Анкетирование студентов, проведенное через месяц после отмены «масочного режима», подтвердило отмеченную тенденцию: маски продолжали носить 7,2 % российских студентов-медиков. Анализируя причины, можно сделать вывод, что приоритеты их ношения поменялись: на первом месте теперь стоит «забота об окружающих» (66,7 %), а «забота о своем здоровье» теперь важна для 41,7 % респондентов. Представляет интерес, что у части опрошенных сформировалась «привычка» носить маску (35,0 %). Также в качестве причин студенты указывали «сезонную аллергию» (15,0 %) и «сохранение требования использования СЗОД на рабочем месте» (13,3 %).

Можно сказать, что опыт длительного течения пандемии привел к осознанному отношению у студентов-медиков к ношению масок как мере неспецифической профилактики инфекционных заболеваний: подавляющее большинство респондентов (97,6 %) будут носить СЗОД в случае угрозы подъема заболеваемости и рекомендуют делать это своим родственникам (74,7 %).

В зарубежном исследовании [43] было отмечено, что носить маски будут 69,4 % студентов-медиков, а в качестве причины 29 % из них указали «самозащиту» и 26 % отметили, что сделают это с намерением защитить других. По данным настоящего исследования около половины (48,2 %) опрошенных будут носить СЗОД в силу осознанного отношения к вопросам профилактики.

Вместе с тем 53,0 % опрошенных считают эту меру эффективной. Полученные данные вполне сопоставимы с результатами других авторов: так, около 60,5 % иранских студентов-стоматологов [46] и 61,6 % малайзийских студентов-медиков Университета Ньюкасла [34] полагают, что маска является эффективной мерой для профилактики COVID-19. В то время как в Китае 100 % студентов медицинского колледжа считают маски эффективными [47].

Заключение. Результаты исследования показали, что более половины студентов-медиков считают, что неспецифическая профилактика воздушно-капельных инфекций посредством использования СЗОД в период пандемии (эпидемии) является эффективной мерой.

Изменились приоритеты, которыми руководствуются респонденты, выбирая ношение маски как меру профилактики: на первое место выступает «забота об окружающих».

Необходимо продолжать внедрять в учебный процесс вопросы неспецифической профилактики, что будет способствовать выработке профессиональных компетенций – способности и готовности к реализации комплекса мероприятий по сохранению и укреплению здоровья населения.

Несмотря на достигнутые успехи в борьбе с коронавирусом, использование СЗОД продолжает быть актуальным и требует дальнейшего изучения: выбор модели (вид маски, материал, слойность, учет возможных неблагоприятных реакций при ношении), правильность использования (длительность ношения, плотность прилегания), утилизация.

Считаем целесообразным, что маски всегда должны быть в достаточном количестве и бы-

стром доступе у населения при необходимости их применения.

Список литературы / References

1. World Health Organization. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions: scientific brief, 09 July 2020. Accessed April 15, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/333114
2. Chu DK, Akl EA, Duda S, *et al*. Physical distancing, face masks and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2020;395(10242):1973–1987. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9
3. Chiu NC, Chi H, Tai YL, *et al*. Impact of wearing masks, hand hygiene, and social distancing on influenza, enterovirus, and all-cause pneumonia during the coronavirus pandemic: Retrospective national epidemiological surveillance study. *J Med Internet Res*. 2020;22(8):e21257. doi: 10.2196/21257
4. Bolcato M, Aurilio MT, Aprile A, Di Mizio G, Della Pietra B, Feola A. Take-home messages from the COVID-19 pandemic: Strengths and pitfalls of the Italian National Health Service from a medico-legal point of view. *Healthcare (Basel)*. 2020;9(1):17. doi: 10.3390/healthcare9010017
5. Bolcato M, Aurilio MT, Di Mizio C, *et al*. The difficult balance between ensuring the right of nursing home residents to communication and their safety. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2484. doi: 10.3390/ijerph18052484
6. Брико Н.И., Миндлина А.Я., Галина Н.П., Коршунов В.А., Полибин Р.В. Приверженность различных групп населения иммунопрофилактике: как изменить ситуацию? // Фундаментальная и клиническая медицина. 2019. Т. 4. № 4. С. 8–18. doi: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-8-18.
6. Briko NI, Mindlina AYa, Galina NP, Korshunov VA, Polibin RV. Adherence to immunoprevention: How to change the situation? *Fundamental'naya i Klinicheskaya Meditsina*. 2019;4(4):8-18. (In Russ.) doi: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-8-18
7. Голубкова А.А., Платонова Т.А., Семененко Т.А., Смирнова С.С., Никитская А.Д., Чикунова М.В. Многоуровневый мониторинг приверженности прививкам различных групп населения в условиях пандемии COVID-19: проблемные вопросы. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20. № 6. С. 28–36. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-6-28-36.
7. Golubkova AA, Platonova TA, Semenenko TA, Smirnova SS, Nikitskaya AD, Chikunova MV. Multi-level monitoring of vaccination adherence of various population groups in the context of the COVID-19 pandemic: Problematic issues. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika*. 2021;20(6):28-36. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-6-28-36
8. Abboah-Offei M, Salifu Y, Adewale B, Bayuo J, Ofosu-Poku R, Opare-Lokko EBA. A rapid review of the use of face mask in preventing the spread of COVID-19. *Int J Nurs Stud Adv*, 2021;3:100013. doi: 10.1016/j.ijnsa.2020.100013
9. Clapp PW, Sickbert-Bennett EE, Samet JM, *et al*. Evaluation of cloth masks and modified procedure masks as personal protective equipment for the public during the COVID-19 pandemic. *JAMA Intern Med*. 2021;181(4):463-469. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.8168
10. Ditekemena JD, Mavoko HM, Obimpeh M, *et al*. Adherence to COVID-19 prevention measures in the Democratic Republic of the Congo, results of two consecutive online surveys. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2525. doi: 10.3390/ijerph18052525
11. World Health Organization. Mask use in the context of COVID-19: interim guidance, 1 December 2020. Accessed November 8, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199
12. Thakur V, Ratho RK. OMICRON (B.1.1.529): A new SARS-CoV-2 variant of concern mounting worldwide fear. *J Med Virol*. 2022;94(5):1821-1824. doi: 10.1002/jmv.27541
13. Shashina EA, Isiutina-Fedotkova TS, Makarova VV, Gruzdeva OA, Mitrokhin OV. Approaches to analyzing efficiency of respiratory protective equipment as a way to reduce health risks during COVID-19 pandemic. *Health Risk Analysis*. 2021;(1):151–158. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.16
14. Irfan M, Akhtar N, Ahmad M, *et al*. Assessing public willingness to wear face masks during the COVID-19 pandemic: Fresh insights from the theory of planned behavior. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4577. doi: 10.3390/ijerph18094577
15. Роженцова Е.В. Факторы и стимулы ношения медицинских масок в общественных местах в период эпидемий. Социальные аспекты здоровья населения. 2022. Т. 68. № 2. С. 11. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-2-11
15. Rozhentsova EV. Factors and incentives for wearing masks in public places during epidemics. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2022;68(2):11. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2021-68-2-11
16. Barile JP, Guerin RJ, Fisher KA, *et al*. Theory-based behavioral predictors of self-reported use of face coverings in public settings during the COVID-19 pandemic in the United States. *Ann Behav Med*. 2021;55(1):82-88. doi: 10.1093/abm/kaaa109
17. Zhang B, Li Z, Jiang L. The intentions to wear face masks and the differences in preventive behaviors between urban and rural areas during COVID-19: An analysis based on the technology acceptance model. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(19):9988. doi: 10.3390/ijerph18199988
18. Zhang L, Zhu S, Yao H, Li M, Si G, Tan X. Study on factors of people's wearing masks based on two online surveys: Cross-sectional evidence from China. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3447. doi: 10.3390/ijerph18073447
19. Li M, Wang W. Educational disparities in COVID-19 prevention in China: The role of contextual danger, perceived risk, and interventional context. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3383. doi: 10.3390/ijerph18073383
20. Naser AY, Dahmash EZ, Alsairafi ZK, *et al*. Knowledge and practices during the COVID-19 outbreak in the Middle East: A cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4699. doi: 10.3390/ijerph18094699
21. Haischer MH, Beilfuss R, Hart MR, *et al*. Who is wearing a mask? Gender-, age-, and location-related differences during the COVID-19 pandemic. *PLoS One*. 2020;15(10):e0240785. doi: 10.1371/journal.pone.0240785
22. Ozdenerol E, Seboly J. Lifestyle effects on the risk of transmission of COVID-19 in the United States: Evaluation of market segmentation systems. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4826. doi: 10.3390/ijerph18094826
23. Li Y, Liu G, Egolet RO, Yang R, Huang Y, Zheng Z. Knowledge, attitudes, and practices related to COVID-19 among Malawi adults: A community-based survey. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4090. doi: 10.3390/ijerph18084090
24. Feng S, Shen C, Xia N, Song W, Fan M, Cowling BJ. Rational use of face masks in the COVID-19 pandemic. *Lancet Respir Med*. 2020;8(5):434-436. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30134-X
25. Scheid JL, Lupien SP, Ford GS, West SL. Commentary: Physiological and psychological impact of face mask usage during the COVID-19 pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6655. doi: 10.3390/ijerph17186655
26. Нагиев М.Р., Нестерова Н.В. Анализ осведомленности населения об эффективности использования одноразовых медицинских масок в профилактике ОРЗ и ОРВИ, а также перспектива использования лигнина гидролизного в их усовершенствовании // Молодой ученый. 2020. № 20 (310). С. 207–211.
26. Nagiev MR, Nesterova NV. Analysis of public awareness about the effectiveness of using disposable medical

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-62-68
Оригинальная исследовательская статья

masks in the prevention of acute respiratory infections and acute respiratory viral infections, as well as the prospects of using hydrolytic lignin in their improvement. *Molodoy Uchenyy*. 2020;20(310):207-211. (In Russ.)
27. Szepietowski JC, Matusiak Ł, Szepietowska M, Krajewski PK, Białynicki-Birula R. Face mask-induced itch: A self-questionnaire study of 2,315 responders during the COVID-19 pandemic. *Acta Derm Venereol*. 2020;100(10):adv00152. doi: 10.2340/00015555-3536
28. Burgess A, Horii M. Risk, ritual and health responsibilisation: Japan's 'safety blanket' of surgical face mask-wearing. *Sociol Health Illn*. 2012;34(8):1184-1198. doi: 10.1111/j.1467-9566.2012.01466.x
29. Mahalik JR, Burns SM, Syzdek M. Masculinity and perceived normative health behaviors as predictors of men's health behaviors. *Soc Sci Med*. 2007;64(11):2201-2209. doi: 10.1016/j.socscimed.2007.02.035
30. Palmer CL, Peterson RD. Toxic mask-ulinity: The link between masculine toughness and affective reactions to mask wearing in the COVID-19 era. *Politics Gend*. 2020;1–8. doi: 10.1017/S1743923X20000422
31. Yoo HJ, Shim J, Kim N. Life-changing experiences of mothers with school-age children during the COVID-19 pandemic: Focusing on their health risk perceptions and health-related behaviors. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4523. doi: 10.3390/ijerph18094523
32. Matusiak Ł, Szepietowska M, Krajewski P, Białynicki-Birula R, Szepietowski J. Face masks use during the COVID-19 pandemic: Differences in attitudes and practices between medical and non-medical students. A survey of 2256 students in Poland. *Adv Clin Exp Med*. 2020;29(10):1201-1203. doi: 10.17219/acem/126295
33. Shashina EA, Makarova VV, Shcherbakov DV, *et al*. Use of respiratory protection devices by medical students during the COVID-19 pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(11):5834. doi: 10.3390/ijerph18115834
34. Chee JCC, Kong SWW, Tan ZJ, Lim YK, Pearce MS, Ong ELC. Perceptions, attitude, responses, knowledge and emotional well-being (PARKE) of COVID-19 among students at Newcastle University Medicine Malaysia (NUMed). *J Glob Health Rep*. 2021;5:e2021002. doi: 10.29392/001c.18960
35. Mitrokhin O, Shashina E, Makarova V. Use of face masks by students of the medical university during COVID-2019 pandemic. In: *Public Health Issues in the Context of the COVID-19 Pandemic: Proceedings of the Third International Electronic Conference on Environmental Research and Public Health, January 11-25, 2021*. doi: 10.3390/ECERPH-3-08988
36. Howard MC. Gender, face mask perceptions, and face mask wearing: Are men being dangerous during the COVID-19 pandemic? *Pers Individ Dif*. 2021;170:110417. doi: 10.1016/j.paid.2020.110417
37. Ganczak M, Pasek O, Duda–Duma Ł, Świstara D, Korzeń M. Use of masks in public places in Poland during SARS-Cov-2 epidemic: a covert observational study. *BMC Public Health*. 2021;21(1):393. doi: 10.1186/s12889-021-10418-3
38. Ferdous MZ, Islam MS, Sikder MT, Mosaddek ASM, Zegarra-Valdivia JA, Gozal D. Knowledge, attitude, and practice regarding COVID-19 outbreak in Bangladesh: An online-based cross-sectional study. *PLoS One*. 2020;15(10):e0239254. doi: 10.1371/journal.pone.0239254
39. Nguyen NPT, Hoang TD, Tran VT, *et al*. Preventive behavior of Vietnamese people in response to the COVID-19 pandemic. *PLoS One*. 2020;15(9):e0238830. doi: 10.1371/journal.pone.0238830
40. Baniyas N, Sheek-Hussein M, Al Kaabi N, *et al*. COVID-19 knowledge, attitudes, and practices of United Arab Emirates medical and health sciences students: A cross sectional study. *PLoS One*. 2021;16(5):e0246226. doi: 10.1371/journal.pone.0246226
41. Haque A, Mumtaz S, Khattak O, Mumtaz R, Ahmed A. Comparing the preventive behavior of medical students and physicians in the era of COVID-19: Novel medical problems demand novel curricular interventions. *Biochem Mol Biol Educ*. 2020;48(5):473-481. doi: 10.1002/bmb.21406
42. Adebowale OO, Adenubi OT, Adesokan HK, *et al*. SARS-CoV-2 (COVID-19 pandemic) in Nigeria: Multi-institutional survey of knowledge, practices and perception amongst undergraduate veterinary medical students. *PLoS One*. 2021;16(3):e0248189. doi: 10.1371/journal.pone.0248189
43. Hung MJ, Yogarajah M, Gurunatham R, Vijayakumar K, Uthara De Silva GS. A survey on the perception of use of face masks in preventing COVID-19 infection among medical students. *Int J Prev Med Res*. 2021;5(2):33-41.
44. Matusiak Ł, Szepietowska M, Krajewski P, Białynicki-Birula R, Szepietowski JC. Inconveniences due to the use of face masks during the COVID-19 pandemic: A survey study of 876 young people. *Dermatol Ther*. 2020;33(4):e13567. doi: 10.1111/dth.13567
45. Krajewski PK, Matusiak Ł, Szepietowska M, Białynicki-Birula R, Szepietowski JC. Increased prevalence of face mask-induced itch in health care workers. *Biology (Basel)*. 2020;9(12):451. doi: 10.3390/biology9120451
46. Esmaeelinejad M, Mirmohammadkhani M, Naghipour A, Hasanian S, Khorasanian S. Knowledge and attitudes of Iranian dental students regarding infection control during the COVID-19 pandemic. *Braz Oral Res*. 2020;34:e121. doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0121
47. Gao Z, Ying S, Liu J, Zhang H, Li J, Ma C. A cross-sectional study: Comparing the attitude and knowledge of medical and non-medical students toward 2019 novel coronavirus. *J Infect Public Health*. 2020;13(10):1419-1423. doi: 10.1016/j.jiph.2020.06.031

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.446.3

Факторы риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в детской кардиохирургии

А.С. Набиева[1], Б.И. Асланов[2], А.В. Нохрин[1]

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, ул. Литовская, д. 2, г. Санкт-Петербург, 194100, Российская Федерация

[2] ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. Врожденные пороки сердца являются одними из самых распространенных пороков развития. Около 50 % пациентов с врожденными пороками сердца нуждаются в проведении кардиохирургической операции. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи , оказывающие большое влияние на эффективность послеоперационной реабилитации, уже многие годы составляют одну из главных проблем современного здравоохранения.

Цель: выявление факторов риска развития инфекционных осложнений у детей с врожденными пороками сердца после проведения кардиохирургической операции.

Материалы и методы. В перинатальном центре в период с 2014 по 2021 г. выполнено эпидемиологическое исследование «случай – контроль», в которое вошли 603 пациента в возрасте до 18 лет с врожденными пороками сердца, которым проведены 643 кардиохирургические операции. «Случаи» определены как пациенты детского возраста, обоих полов, у которых зафиксированы инфекционные осложнения после кардиохирургического вмешательства. В группу «контроль» включены дети обоих полов с врожденным пороком сердца, без признаков инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи после операции на сердце. В группу «случаев» были отобраны 134 пациента, в контрольную группу включены 469 пациентов. Проведена оценка роли эндогенных и экзогенных факторов риска послеоперационных инфекционных осложнений. Оценка взаимосвязи между фактором воздействия и изучаемым исходом проводилась на основании расчета отношения шансов. Статистический анализ значимости различий выполнен методом оценки гипотез с расчетом уровня p и методом доверительных интервалов. Статистическая значимость различий выполнена методом оценки гипотез с расчетом уровня *p* и методом доверительных интервалов.

Результаты. Плотность инцидентности инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи составила 15,6 (13,26–18,32) на 1000 пациенто-дней. Выявлены наиболее значимые факторы риска эндогенного и экзогенного характера.

Выводы. Выявленные предикторы инфекционных осложнений диктуют необходимость организации риск-ориентированного подхода к профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в детской кардиохирургии.

Ключевые слова: врожденные пороки сердца; инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи; факторы риска.

Для цитирования: Набиева А.С., Асланов Б.И., Нохрин А.В. Факторы риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в детской кардиохирургии // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 69–75. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-69-75

Сведения об авторах:

✉ **Набиева** Анна Сергеевна – заведующий эпидемиологическим отделом, врач-эпидемиолог, ассистент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; e-mail: hamatum@bk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2519-7589.

Асланов Батырбек Исмелович – д.м.н., заведующий кафедрой эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: batyra@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6890-8096.

Нохрин Андрей Валерьевич – к.м.н., врач – сердечно-сосудистый хирург отделения анестезиологии реанимации для детей с кардиохирургической патологией ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; e-mail: nokhrin.andrei@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2233-0516.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Асланов Б.И., Нохрин А.В.*; сбор данных: *Набиева А.С.*; анализ и интерпретация результатов: *Набиева А.С., Асланов Б.И., Нохрин А.В.*; литературный обзор: *Набиева А.С.*; подготовка рукописи: *Набиева А.С., Асланов Б.И., Нохрин А.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании Локального этического комитета ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (Протокол № 1 от 15.09.2014). От всех участников было получено информированное 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: 07.10.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Risk Factors for Healthcare-Associated Infections in Pediatric Cardiac Surgery

Anna S. Nabieva,[1] Batyrbek I. Aslanov,[2] Andrei V. Nokhrin[1]

[1] Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya Street, Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

[2] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Introduction: Congenital heart defects are one of the most common malformations. Almost 50 % of patients with congenital heart defects require cardiac surgery. Nosocomial infections strongly influencing the effectiveness of postoperative rehabilitation remain among the major problems of modern health care.

Objective: To establish risk factors for infectious complications in children with congenital heart defects after cardiac surgery.

Materials and methods: In 2014 to 2021, we conducted a case–control study of 603 patients under the age of 18 with congenital heart defects who underwent 643 cardiac surgeries at the perinatal center. The case cohort included 134 children of both sexes having infectious complications while the control cohort included 469 children of both sexes showing no signs of nosocomial infections after cardiac surgeries. We assessed the role of endogenous and exogenous risk factors for postoperative infectious complications and the relationship between the exposure and the outcome based on the odds ratio. Testing for significance of differences was performed by hypothesis assessment with the calculation of the *p*-value and estimation of confidence intervals.

Results: The incidence density of healthcare-associated infections was 15.6 (13.26–18.32) per 1,000 patient-days. The most significant endogenous and exogenous risk factors were identified.

Conclusions: The established predictors of infectious complications indicate the need for a risk-based approach to prevention of nosocomial infections in pediatric cardiac surgery.

Keywords: congenital heart defects, healthcare-associated infection, risk factors.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-69-75
Оригинальная исследовательская статья

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

For citation: Nabieva AS, Aslanov BI, Nokhrin AV. Risk factors for healthcare-associated infections in pediatric cardiac surgery. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):69–75. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-69-75

Author information:
✉ Anna S. **Nabieva**, Head of the Department of Epidemiology, Assistant of the Department of General Hygiene, Saint Petersburg State Pediatric Medical University; e-mail: hamatum@bk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2519-7589.
Batyrbek I. **Aslanov**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfection, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: batyra@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6890-8096.
Andrei V. **Nokhrin**, Cand. Sci. (Med.), cardiovascular surgeon, Department of Anesthesiology of Intensive Care for Children with Cardiac Pathology, Saint Petersburg State Pediatric Medical University; e-mail: nokhrin.andrei@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2233-0516.

Author contributions: study conception and design: *Aslanov B.I., Nokhrin A.V.*; data collection: *Nabieva A.S.*; analysis and interpretation of results: *Nabieva A.S., Aslanov B.I. Nokhrin A.V.*; literature review: *Nabieva A.S.*; draft manuscript preparation: *Nabieva A.S., Aslanov B.I., Nokhrin A.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Ethic approval was provided by the Local Ethics Committee of the I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Minutes No. 1 of September 25, 2014. Written informed consent was obtained from parents of all study 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: October 7, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Ежегодно в Российской Федерации диагноз врожденный порок сердца (ВПС) устанавливается у 20 тысяч детей [1, 2], около четверти из них нуждаются в кардиохирургической помощи в первые дни жизни, в том числе с применением аппарата искусственного кровообращения (АИК).

Несомненно, одна из главных ролей, определяющих течение послеоперационного периода, принадлежит инфекциям, связанным с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Развитие инфекционных хирургических осложнений приводит к увеличению сроков госпитализации и послеоперационной реабилитации, значительно повышает риск летального исхода в раннем и позднем послеоперационных периодах. Эффективное предупреждение развития ИСМП должно базироваться на использовании риск-ориентированного подхода к их профилактике [3–6].

Цель: выявление факторов риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи у детей с врожденными пороками сердца после кардиохирургической операции.

Материалы и методы. Проведено исследование «случай – контроль», в котором анализировались данные о детях с ВПС, перенесших кардиохирургическую операцию с 2014 по 2021 г. в перинатальном центре третьего уровня. В качестве «случаев» были определены пациенты обоих полов в возрасте до 18 лет с врожденным пороком сердца, у которых зафиксированы ИСМП после кардиохирургического вмешательства, проводимого как закрытым способом, так и на «открытом» сердце. После проведения оперативного вмешательства пациенты находились в отделении анестезиологии-реанимации для детей с кардиохирургической патологией, дальнейшее ведение осуществлялось согласно стандарту оказания медицинской помощи. В контрольную группу включены пациенты до 18 лет обоих полов с врожденным пороком сердца, без признаков ИСМП после кардиохирургического вмешательства. Критерии исключения: умершие в течение первых 48 часов после операции и новорожденные с открытым артериальным протоком. В группу «случаев» были отобраны 134 пациента, в контрольную группу включены 469 пациентов. Выявление случаев ИСМП с 2014 по 2016 г. осуществлялось ретроспективно с помощью анализа медицинской документации, с 2017 по 2021 г. – методом активного эпидемиологического наблюдения с использованием стандартных определений случая. Наблюдение за пациентами после кардиохирургического вмешательства проводилось до выписки или перевода пациента в другую медицинскую организацию (МО).

Для оценки факторов риска развития ИСМП анализировались следующие клинико-анамнестические данные: возраст; наличие у пациента сопутствующих заболеваний; подключение к аппарату экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО); проведение операции с применением аппарата искусственного кровообращения (АИК); проведение процедуры переливания крови и/или ее компонентов; выполнение перитонеального диализа; категория риска RACHS-1; индекс ASA – система классификации физического статуса пациентов Американского общества анестезиологов (American Society of Anesthesiologists); выполнение более одного оперативного вмешательства за одну госпитализацию; длительность операции; класс операционной раны, индекс NNIS – National Nosocomial Infections Surveillance System (Национальная программа эпидемиологического наблюдения за ИСМП), отсроченное закрытие грудины; продолжительность искусственной вентиляции (ИВЛ) легких и сроков установки сосудистых и мочевых катетеров [6–9].

Среди детей в периоде новорожденности оценивались следующие факторы: наличие недоношенности, влияние соматического и акушерско-гинекологического анамнеза матери, а также сравнение групп пациентов, рожденных и прооперированных в одном медицинской организации (МО) и поступивших для кардиохирургической коррекции из других лечебных учреждений.

Порядок расчета показателей инцидентности, в том числе стратифицированных, проводился на основании СанПиН 3.3686–21[1]. Статистическая оценка значимости различий между интенсивными показателями выполнена методом расчета 95 % доверительных интервалов (ДИ). «Метод доверительных интервалов» применяется для оценки достоверности различий сравниваемых величин (в нашем случае – показателей инцидентности). Если 95 % доверительные интервалы сравниваемых показателей не «перекрывают» друг друга (нет трансгрессии), это означает, что выявленное различие следует считать достоверным (разница между показателями инцидентности в сравниваемых группах пациентов есть). Если 95 % доверительные интервалы сравниваемых показателей частично «перекрывают» друг друга (трансгрессия есть), это означает, что выявленное различие следует считать не достоверным (разницы между показателями инцидентности в сравниваемых группах пациентов нет). Оценка взаимосвязи между фактором воздействия и изучаемым исходом – на основании расчета отношения шансов (ОШ).

Результаты. В ходе проведенного исследования был проведен сбор и анализ данных о 603 пациентах,

[1] СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.012021 № 4.

удовлетворяющих критериям включения. Всего детям из наблюдаемой популяции выполнено 643 оперативных вмешательства. Из общего числа пациентов у 569 выполнялось одно вмешательство по профилю кардиохирургия, 28 пациентам – две операции и 6 пациентам – три оперативных вмешательства.

Распределение пациентов по возрастным группам на момент операции представлено в табл. 1.

Самыми большими по численности возрастными группами были новорожденные (45,6 %) и дети от 29 дня жизни до 1 года (43,4 %).

За анализируемый период выявлен 151 случай ИСМП у 134 (22,2 на 100 операций) пациентов до 18 лет после проведения кардиохирургической операции. У 119 пациентов отмечено возникновение одного случая ИСМП. Развитие двух инфекционных осложнений выявлено у 14 больных. Сочетание трех случаев ИСМП установлено у одного пациента и представлено комбинацией из инфекции нижних дыхательных путей (ИНДП), инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ) и развития инфекции кровотока (ИК). Среди 469 (77,8 %) детей не отмечено признаков развития инфекционных осложнений.

В ходе работы определены факторы риска развития ИСМП в детской кардиохирургии. Была проведена оценка значимости факторов риска развития как для ИСМП в целом, так и для отдельных видов ИСМП – инфекций области хирургического вмешательства (ИОХВ), инфекций нижних дыхательных путей (ИНДП), инфекций кровотока (ИК) и инфекций мочевыводящих путей (ИМВП). Выявленные факторы риска ИСМП в детской кардиохирургии представлены в табл. 2.

Установлено, что ранний детский возраст имеет важное эпидемиологическое значение. Период новорожденности являлся значимым фактором риска как для ИСМП в целом, так и для отдельных видов ИСМП. Однако при развитии ИК и ИМВП значимое влияние оказывал также возраст до 1 года. Выявлено, что наличие сопутствующих заболеваний также увеличивает вероятность развития ИСМП, в частности ИОХВ и ИК. Среди сопутствующих заболеваний у детей с ВПС встречались комбинации с другими врожденными пороками развития, хромосомные аномалии, инфекционные заболевания, эндокринные заболевания и другие патологии.

Проведение таких инвазивных процедур как ЭКМО, выполнение переливания крови и/или ее компонентов, а также перитонеального диализа значимо повышают вероятность развития ИСМП в целом, а также ИОХВ, ИНДП и ИК.

Результаты работы демонстрируют, что проведение кардиохирургической операции в условиях аппарата искусственного кровообращения являлось фактором риска ИСМП в целом и отдельных видов: ИОХВ, ИНДП, ИК, ИМВП.

Установлено, что увеличение категории риска кардиохирургических операций по RACHS-1 для ИСМП в целом и отдельных видов (ИОХВ, ИНДП, ИК и ИМВП) сопровождается повышением риска развития инфекционных осложнений в послеоперационном периоде.

Анализ состояния детей с ВПС перед хирургическим вмешательством по шкале Американского общества анестезиологов (индекс ASA) показал, что вероятность развития инфекционного осложнения у детей после операции достоверно возрастает, начиная с ASA 3, достигая максимальных значений при риске ASA 5. У пациентов с ASA 1 ИСМП не регистрировались. При анализе частоты развития ИОХВ, ИНДП, ИК и ИМВП в соответствии со шкалой ASA отмечается выраженный рост показателей инцидентности с повышением индекса риска ASA [10–13].

Исследование показало, что выполнение 2 и более оперативных вмешательств за одну госпитализацию увеличивало вероятность развития ИСМП, ИОХВ и ИК.

Одной из задач нашей работы была оценка специфических факторов риска для различных видов ИСМП.

У детей с ВПС вероятность развития ИОХВ значимо повышали следующие факторы: продолжительность операции 5 часов и более, класс операционной раны 2 и выше, процедура отсроченного закрытия грудины.

Инцидентность ИОХВ на 100 операций при времени кардиохирургической операции менее 5 часов составила 1,8 (0,8–3,5), при длительности операции 5 часов и более – 7,8 (4,1–13,2) на 100 оперативных вмешательств.

Выявлено, что риск развития ИОХВ напрямую зависел от класса интраоперационной контаминации хирургической раны. Среди пациентов с первым классом хирургической раны инцидентность ИОХВ составила 1,8 (0,91–3,23) на 100 операций, со вторым – 26,9 (11,57–47,79), с третьим классом – 25,0 (5,49–57,19). Пациентов с четвертым классом раны в нашем исследовании не было. Достоверных различий в частоте развития ИОХВ между 2-м и 3-м классом раны не выявлено.

Показатель инцидентности ИОХВ на 100 операций в условиях без применения методики «открытой» грудины составил 1,9 (0,93–3,31), с применением метода отсроченного закрытия грудины – 18,9 (9,44–31,97). Очевидно, что применение данного метода существенно влияет на риск возникновения ИОХВ в послеоперационном периоде.

Была выполнена интегральная оценка риска ИОХВ с использованием индекса риска NNIS согласно методическим подходам [14].

Определение степени риска NNIS выполнено с учетом трех основных факторов: предоперационная оценка тяжести состояния пациента по шкале ASA; класс интраоперационной контаминации раны; продолжительность операции больше определенного времени.

Таблица 1. **Структура пациентов по возрасту**

Table 1. **Age distribution of pediatric patients at the time of surgery**

Возрастная группа / Age group	Количество человек / Number of patients	%
До 28 дня (новорожденные) / < 28 days (newborns)	275	45,6
От 29 дня до 12 месяцев 30 дней / 29 days to 12 months 30 days	262	43,4
От 1 года до 1 года 12 месяцев 30 дней / 1 year to 1 year 12 months 30 days	27	4,5
От 2 лет до 5 лет 11 месяцев 30 дней / 2 years to 5 years 11 months 30 days	22	3,6
Старше 6 лет / Over 6 years old	17	2,8
Всего / Total	603	100,0

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-69-75
Оригинальная исследовательская статья

Таблица 2. **Факторы риска ИСМП в детской кардиохирургии**
Table 2. **Risk factors for nosocomial infections in pediatric cardiac surgery**

Фактор риска / Risk factors	ИСМП / Nosocomial infections	ИОХВ / Surgical site infections	ИНДП / Lower respiratory tract infections	ИК / Bloodstream infections	ИМВП / Urinary tract infections
Возраст / Age	На 100 пациентов / Per 100 patients	На 100 операций / Per 100 surgeries	На 1000 ИВЛ-дней / Per 1,000 ventilator days	На 1000 катетеро-дней / Per 1,000 catheter days	На 1000 катетеро-дней / Per 1,000 catheter days
– до 28 дней / < 28 days (newborns)	32,3 (27,0–38,0)	5,5 (3,1–8,8)	26,2 (19,0–35,1)	6,6 (4,2–10,0)	11,2 (6,1–18,7)
– от 29 дня жизни до 1 года / 29 days to 12 months 30 days	19,1 (14,7–24,2)	2,3 (0,8–4,9)	12,8 (8,5–18,6)	1,9 (0,7–4,1)	8,0 (4,5–13,1)
– от 1 года до 1 года 12 месяцев 30 дней / 1 year to 1 year 12 months 30 days	3,6 (0,1–18,4)	0	0	1,6 (0,04–8,9)	0
– от 2 до 5 лет 11 месяцев 30 дней / 2 years to 5 years 11 months 30 days	4,5 (0,1–22,8)	0	6,5 (0,2–35,4)	0	0
– старше 6 лет / over 6 years old	0	0	0	0	0
Отношение шансов (95 % ДИ) / Odds ratio (95 % CI)					
Наличие сопутствующих заболеваний / Comorbidities	3,6 (2,2–5,7)	1,1 (0,5–2,7)	5,4 (2,6–11,1)	2,8 (1,1–7,0)	2,2 (0,9–5,2)
ЭКМО / Extracorporeal membrane oxygenation	7,3 (3,0–17,5)	4,7 (1,3–17,2)	3,5 (1,4–8,9)	4,5 (1,4–14,1)	0,9 (0,1–6,9)
АИК / Cardiopulmonary bypass	2,8 (1,8–4,2)	9,0 (2,1–38,8)	2,0 (1,2–3,4)	2,6 (1,1–5,9)	2,4 (1,1–5,6)
Переливание крови / Blood transfusion	4,1 (1,5–3,9)	9,0 (2,1–38,8)	4,0 (1,9–8,4)	4,2 (1,3–14,1)	1,2 (0,5–2,7)
Перитонеальный диализ / Peritoneal dialysis	9,1 (4,3–19,1)	32,4 (12,4–84,6)	3,3 (1,5–7,3)	4,7 (1,8–12,4)	2,8 (0,9–8,6)
RACHS–1 Корректировка риска при хирургии врождённых пороков сердца / Risk adjustment in congenital heart surgery –1	На 100 пациентов / Per 100 patients				
1	9,4 (2,8–18,7)	1,7 (0,04–9,1)	5,0 (1,1–14,2)	1,7 (0,04–9,1)	0
2	12,1 (8,0–17,4)	1,5 (0,03–4,2)	5,8 (3,1–10,0)	2,9 (1,1–6,2)	3,4 (1,4–6,9)
3	25,8 (21,1–32,3)	1,9 (0,5–4,7)	15,0 (10,1–20,5)	5,6 (2,9–9,6)	6,1 (3,3–10,2)
4	31,2 (22,0–41,6)	7,5 (3,1–14,9)	16,1 (9,3–25,2)	7,5 (3,1–14,9)	26,1 (10,2–48,4)
5	71,4 (42,0–91,6)	14,3 (1,8–42,8)	29,6 (8,4–58,1)	7,1 (0,2–33,9)	21,4 (4,5–50,8)
6	55,6 (30,8–78,5)	22,2 (6,4–47,6)	27,8 (9,7–53,5)	16,7 (3,6–41,4)	0
Индекс Американского общества анестезиологов / American Society of Anesthesiologists (ASA) index	На 100 пациентов / Per 100 patients				
1	0	0	0	0	0
2	10,5 (6,1–16,5)	1,9 (0,4–5,6)	3,9 (1,5–8,4)	2,6 (0,7–6,6)	3,3 (1,1–7,5)
3	22,5 (16,8–29,1)	2,6 (0,9–6,1)	12,0 (7,8–17,5)	4,2 (1,8–8,1)	4,7 (2,2–8,8)
4	24,9 (19,1–31,4)	3,4 (1,4–6,9)	13,2 (8,9–18,6)	5,4 (2,7–9,4)	5,4 (2,8–9,4)
5	47,1 (32,9–61,5)	11,8 (4,4–23,9)	29,4 (17,5–48,3)	13,7 (5,7–26,3)	7,8 (2,2–18,9)
Количество операций / Number of surgeries	На 100 пациентов / Per 100 patients				
1	19,7 (16,5–23,2)	1,6 (0,7–3,0)	10,9 (8,5–13,8)	4,6 (3,0–6,6)	4,6 (3,0–6,6)
≥ 2	70,6 (52,5–85,0)	35,3 (19,8–53,5)	26,5 (12,9–44,4)	14,3 (4,0–32,7)	8,8 (1,9–23,7)

Инцидентность ИОХВ в зависимости от значений индекса риска NNIS распределялась следующим образом: NNIS 0–0,9 (0,02–4,79), NNIS 1–2,4 (1,09–4,47), NNIS 2–7,3 (3,72–12,74), NNIS 3 – 0 на 100 оперативных вмешательств. Максимальный риск развития инфекции отмечался при индексе NNIS 2. Однако статистической значимости между индексами не выявлено.

ИНДП у пациентов развивались при нахождении пациентов на ИВЛ 4 и более дня. Показатели плотности инцидентности ИНДП на 1000 ИВЛ-дней составили: для детей, которые после кардиохирургической операции были на искусственной вентиляции от 1 до 3 дней, – 2,2 (0,1–12,3), при нахождении на ИВЛ от 4 дней и более – 20,2 (15,8–25,4).

При установке центрального венозного катетера (ЦВК) на 14 и более дней достоверно увеличивался риск развития ИК. Плотность инцидентности на 1000 катетеро-дней при установке ЦВК от 1 до 13 дней составила 1,6 (0,8–2,9), от 14 дней и более – 7,8 (3,8–14,3) [9, 10, 14–21].

Установка мочевого катетера на 7 и более дней повышала риск развития ИМВП. Плотность инцидентности ИМВП на 1000 катетеро-дней при установке мочевого катетера от 1 до 6 дней составила 1,2 (0,03–6,5), при сроке стояния от 7 дней и более – 10,6 (7,0–15,2).

Следующий этап нашей работы состоял в анализе прогностических факторов развития ИСМП среди новорожденных. Проведена оценка влияния соматического и акушерско-гинекологического анамнеза матери на возможность возникновения инфекционных осложнений. Соматический анамнез матери считался отягощенным, если у женщины во время настоящей беременности был зафиксирован факт развития острого заболевания и/или обострения хронического заболевания (инфекционной и неинфекционной природы). Также оценивались данные об отягощенном акушерско-гинекологическом анамнезе матери в случаях неблагоприятных исходов предыдущих беременностей (самопроизвольные выкидыши, неразвивающиеся беременности и наличие медицинских абортов), дополнительно уточнялись данные о течении инфекционного процесса по результатам гистологии последа. Также среди новорожденных оценивалось наличие недоношенности как возможный фактор риска развития

ИСМП. Результаты данного этапа исследования представлены в табл. 3.

Было показано, что самопроизвольные выкидыши в материнском анамнезе достоверно увеличивали риск развития ИСМП у новорожденных, в частности повышалась вероятность возникновения ИНДП.

Неразвивающиеся беременности являлись предиктором развития ИНДП у детей с ВПС в послеоперационном периоде.

Инфекционное заболевание, перенесенное матерью в настоящую беременность, увеличивало шансы развития у новорожденного после кардиохирургической операции ИМВП.

Наличие в анамнезе матери медицинских абортов и фактор развития неинфекционной патологии в текущую беременность не оказывали достоверного влияния на развитие ИСМП в послеоперационном периоде.

Выявление по гистологическому исследованию последа течения инфекционного процесса являлось прогностическим фактором развития ИСМП в детской кардиохирургии, в частности ИНДП.

Недоношенность характеризуется измененными антропометрическими данными и морфофункциональной незрелостью органов и систем организма ребенка. Недоношенность устанавливается детям, рожденным с 28-й по 37-ю неделю беременности и имеющим массу тела 1000–2500 г и длину тела 35–45 см. В результате данного этапа работы выявлено, что недоношенность является фактором риска развития ИСМП, ИНДП и ИК у новорожденных с ВПС в послеоперационном периоде. Данный фактор был оценен в ряде других исследований [9, 16, 19], в которых установлена взаимосвязь между установлением диагноза недоношенности и развитием ИСМП.

В соответствии с приказом[2], при наличии у плода ВПС, требующего экстренного хирургического вмешательства после рождения ребенка, беременная женщина направляется для родоразрешения в МО, соответствующую определенным критериям и имеющую возможность оказания специализированной неотложной хирургической помощи. В ходе проведения исследования выполнено сравнение показателей инцидентности ИСМП среди двух групп новорожденных с ВПС, рожденных и оперированных в медицинском учреждении, подходящих под данные критерии (перинатальный центр (ПЦ)) и переведенных в ПЦ из других МО для выполнения кардиохирургической коррекции после рождения (табл. 4).

Анализ позволяет сделать вывод, что родоразрешение женщины при наличии у плода ВПС в МО, не оказывающей специализированную кардиохирургическую помощь, является фактором риска развития ИСМП, в частности ИНДП и ИК. По нашему мнению, такое увеличение частоты инфекционных осложнений в послеоперационном периоде может быть связано с колонизацией микроорганизмами пациентов, переведенных в ПЦ из отделений высокого эпидемиологического риска других МО [22]. Так, из 118 пациентов, рожденных в ПЦ и переведенных в отделение для детей с кардиохирургической патологией, только 13 детей (11 %) имели положительные результаты бактериологических исследований. В то же время среди детей, поступивших в ПЦ из других МО, 92 ребенка (58,6 %) были колонизированы микроорганизмами при поступлении.

Обсуждение. В настоящем исследовании были представлены данные о 643 случаях кардиохирургический операций у детей, для изучения факторов риска ИСМП. Инфекционные осложнения имеют высокую инцидентность и вносят существенный вклад в продолжительность лечения, послеоперационную смертность [14, 16–18]. Летальность после кардиохирургической операции у детей, у которых была зафиксирована ИСМП, почти в два раза больше, чем у детей, у которых инфекции не было, даже после поправки на другие факторы риска [15]. Время послеоперационной ИВЛ и пребывание в отделении интенсивной терапии также были значительно больше у пациентов с инфекцией.

Период новорожденности и возраст до 1 года, недоношенность, более высокая хирургическая сложность, применение ряда инвазивных медицинских процедур и неблагоприятные клинико-анамнестические данные о течении настоящей и предыдущих беременностей – все это было определено в качестве факторов риска.

Таблица 3. **Прогностические риски ИСМП среди новорожденных**

Table 3. **Predicted risks of healthcare-associated infections in newborns**

Фактор риска / Risk factor	ИСМП / Nosocomial infections	ИОХВ / Surgical site infections	ИНДП / Lower respiratory tract infections	ИК / Bloodstream infections	ИМВП / Urinary tract infections
Отношение шансов (95 % ДИ) / Odds ratio (95 % CI)					
Недоношенность / Prematurity	3,9 (2,3–6,8)	0,5 (0,1–1,9)	5,4 (2,6–11,1)	3,7 (1,6–9,0)	2,2 (0,8–6,5)
Самопроизвольные выкидыши в анамнезе матери / Maternal history of spontaneous miscarriages	2,8 (1,6–4,9)	1,0 (0,3–3,3)	2,9 (1,5–5,8)	2,3 (0,9–5,5)	2,2 (0,7–6,5)
Неразвивающиеся беременности в анамнезе матери / Anembryonic pregnancies in the obstetric history	1,9 (0,9–3,8)	1,6 (0,4–0,6)	3,1 (1,4–6,7)	0,6 (0,1–2,5)	1,1 (0,2–4,8)
Медицинские аборты в анамнезе матери / Medical abortions in the obstetric history	0,9 (0,4–1,9)	0,5 (0,1–3,6)	1,4 (0,6–3,3)	0,6 (0,1–2,7)	1,1 (0,2–5,2)
Инфекционные заболевания в анамнезе настоящей беременности / Infectious diseases in the history of the recent pregnancy	0,9 (0,5–1,4)	0,3 (0,1–1,1)	1,2 (0,6–2,2)	0,5 (0,2–1,2)	3,9 (1,1–14,2)
Неинфекционные заболевания в анамнезе настоящей беременности / Non-infectious diseases in the history of the recent pregnancy	0,7 (0,4–1,7)	0,2 (0,1–0,7)	1,2 (0,6–2,4)	0,5 (0,2–1,1)	4,0 (0,9–18,4)
Инфекционный процесс в гистологии последа / Placental infection	2,5 (1,5–4,2)	2,0 (0,7–5,7)	2,5 (1,3–4,9)	2,1 (0,9–5,1)	1,3 (0,4–3,8)

[2] Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации от 20 октября 2020 г. № 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю “акушерство и гинекология”». [Электронный ресурс.] Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011130037 (дата обращения: 15.08.2022).

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-69-75
Оригинальная исследовательская статья

Значимость периода новорожденности, как фактора риска развития ИСМП, неоднократно подчеркивалось авторами исследований [15, 16]. Так ретроспективное исследование, проведенное на базе Шанхайского медицинского центра, установило, что частота ИСМП у новорожденных (0–1 месяц), грудных детей (1–12 месяцев) и детей более старшего возраста (1–10 лет) с ВПС составила 32,9, 15,4 и 5,2 на 100 операций соответственно [9].

Наши данные о влиянии наличия у ребенка сопутствующих заболеваний, в том числе других врожденных пороков, на риск развития ИСМП подтверждаются результатами ряда других исследований [8, 17, 18, 23, 24].

Недоношенность, как как фактор оказывающий неблагоприятное влияние на развитие инфекционных послеоперационных осложнений неоднократно оценивался в ряде исследований [9, 16, 19], которыми установлена взаимосвязь между установлением диагноза недоношенности и развитием ИСМП.

В одной из них продемонстрирована значимая взаимосвязь между наличием у детей с ВПС генетических заболеваний и ИСМП (ОШ – 2,53 (1,17–5,45)) [16].

Влияние сложных инвазивных процедур описывались в литературных источниках как предикторы развития ИСМП. В частности, в одной из работ, в которой оценивали исходы 526 кардиохирургических операций у 394 детей, было показано, что выполнение переливания крови являлось значимым, существенно повышающим риск развития ИСМП (ОШ – 5,51 (2,47–12,3)) [16].

Полученные нами данные о причинно-следственной связи между подключением к аппарату ЭКМО, выполнением диализа и развитием ИСМП после оперативного вмешательства также согласуются с результатами других исследований [4, 6, 7].

Классификация кардиохирургических операций RACHS-1, распределяющая врожденные пороки сердца в зависимости от уровня летальности в стационаре, подлежала оценке как в нашем исследовании, так и в других работах, посвященных ИСМП у детей с ВПС, после оперативной коррекции. Значительное увеличение рисков ИСМП по категориям RACHS-1, начиная с 3 риска отмечено в ряде литературных источников [9, 14, 16].

Значимость проведения 2 и более оперативных вмешательств в течение одной госпитализации отмечена и в других исследованиях [8, 12, 25]. Так, в одной из работ продемонстрирован высокий уровень риска развития ИСМП при проведении пациенту более одной операции (ОШ – 65,9 (8,21–529)) [16].

Отсроченное закрытие грудины уменьшает влияние компрессии грудной клетки и легких на камеры сердца, позволяет избежать тампонады при развитии коагулопатии после искусственного кровообращения, уменьшить гемодинамические проявления отёка и дисфункции миокарда, а также снизить постнагрузку на левый желудочек в остром периоде перестройки кровообращения после коррекции порока сердца [26]. Значимость этого фактора риска развития ИОХВ отмечена также рядом российских и зарубежных авторов [2, 26, 27].

Анализ литературных данных показал различные сроки продолжительности искусственной вентиляции легких, увеличивающие риск развития ИНДП, – от 3 дней и более (ОШ 4,81 (1,89–12,8)) [16], до 7 дней и более (ОШ 3,1 (1,3–8,5)) [14].

Авторы исследований, по теме инфекционных осложнений в детской кардиохирургии неоднократно упоминали фактором риска развития ИК длительность установки ЦВК, инцидентность при установке ЦВК 7–10 дней ОШ 6,2 (ДИ 95 % 1.4–27.4), при стоянии катетера более 10 дней ОШ 14,3 (ДИ 95% 3.1–64.5) [13]. В другом исследовании время установки ЦВК более 14 дней расценено как достоверный фактор риска развития ИК, в детской кардиохирургии, ОШ 3,7 (1,3–11,0) [14].

В исследовании, проведенном на базе детской больницы Мексики, отмечен срок стояния мочевого катетера более 7 дней, как фактор риска развития ИМВП, ОШ 10,2 (4,2–24,6) [14].

Все указанное позволяет сделать вывод, что при оказании кардиохирургической помощи детям, необходимо уделять первостепенное внимание созданию надежных систем профилактики ИСМП, основанных на риск-ориентированном подходе.

Заключение. Значимыми факторами риска ИСМП являются: ранний детский возраст (возраст до 1 года, особенно период новорожденности), наличие сопутствующих заболеваний, применение ЭКМО, операция в условиях АИК, переливание крови и/или ее компонентов, проведение перинеального диализа, выполнение 2 и более операций в ходе одной госпитализации, категория RACHS-1: ≥ 3, риск ASA: ≥ 3, продолжительность операции длительностью более 5 часов, класс операционной раны 2 и выше, процедура отсроченного закрытия грудины, нахождение на ИВЛ 4 дня и более, срок установки ЦВК 14 дней и более, срок установки мочевого катетера 7 дней и более.

Среди новорожденных детей недоношенность и клинико-анамнестические данные о течении настоящей и предыдущих беременностей играют значимую эпидемиологическую роль в развитии инфекционных осложнений в послеоперационном периоде. Также установлено, что рождение ребенка в МО, не специализирующейся на проведении кардиохирургических операций, соответственно, диктующее необходимость его перевода в такую организацию, значимо повышает риск развития ИСМП.

Список литературы

1. Бокерия Е.Л. Перинатальная кардиология: настоящее и будущее. Часть I: врожденные пороки сердца // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2019. Т. 64. № 3. С. 5–10. doi: 10.21508/1027-4065-2019-64-3-5-10
2. Бокерия Л.А., Белобородова Н.В. Инфекция в кардиохирургии. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2007. 582 с.
3. Чалапа В.И., Косова А.А., Жуйков Н.Н. и др. Эпидемиологический надзор за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, и проблема недоучета случаев: результаты социологического исследования в медицинских организациях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Профилактическая медицина. 2020. Т. 23. № 3. С. 48–55. doi:10.17116/profmed20202303148

Таблица 4. **Инцидентность ИСМП в зависимости от МО, в которых родились дети с ВПС**

Table 4. **The incidence of healthcare-associated infections in babies with congenital heart diseases depending on the birth care facility**

Организации, оказывающие медицинскую помощь / Health facilities	ИСМП / Nosocomial infections	ИОХВ / Surgical site infections	ИНДП / Lower respiratory tract infections	ИК / Bloodstream infections	ИМВП / Urinary tract infections
На 100 пациентов / Per 100 patients					
Роды и операция в ПЦ / Childbirth and surgery at the perinatal center	7,6 (3,6–14,0)	1,7 (0,2–6,0)	3,4 (0,9–8,5)	1,7 (0,2–6,0)	1,7 (0,2–6,0)
Перевод в ПЦ для операции / Referral to the perinatal center for surgery	46,5 (38,5–54,6)	8,3 (4,5–13,7)	24,8 (18,3–32,4)	12,7 (8,0–19,0)	7,6 (4,0–13,0)

4. Малашенко А.А., Асланов Б.И., Набиева А.С. и др. Факторы риска развития инфекций в области хирургического вмешательства в детской хирургии// Тихоокеанский медицинский журнал. 2018. Т. 3. № 73. С. 61–63. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2018.3.61-63
5. Куракин Э.С. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи как глобальная проблема современности. Журнал МедиАль. 2017. № 2 (20). С. 42–44.
6. Малашенко А.А. Риск-ориентированный подход в профилактике инфекций в области хирургичекского вмешательства в детской хирургии // Пермский медицинский журнал. 2017. Т. 34. № 4. С. 18–23. doi: 10.17816/pmj34418-23
7. Казачек Я.В., Помешкина С.А., Барбараш О.Л. Профилактика инфекционных осложнений в кардиохирургии // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2014. № 4. С. 62–69.
8. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008;36(5):309-332. doi: 10.1016/j.ajic.2008.03.002
9. Yu X, Chen M, Liu X, *et al.* Risk factors of nosocomial infection after cardiac surgery in children with congenital heart disease. *BMC Infect Dis*. 2020;20(1):64. doi: 10.1186/s12879-020-4769-6
10. Zhang J, Yuan Y, Li P, *et al.* Postoperative nosocomial infections among children with congenital heart disease. *Pak J Med Sci*. 2014;30(3):554-557. doi: 10.12669/pjms.303.4648
11. Levy I, Ovadia B, Erez E, *et al.* Nosocomial infections after cardiac surgery in infants and children: Incidence and risk factors. *J Hosp Infect*. 2003;53(2):111-116. doi: 10.1053/jhin.2002.1359
12. Culver DH, Horan TC, Gaynes RP, *et al.* National Nosocomial Infections Surveillance System. Surgical wound infection rates by wound class, operative procedure, and patient risk index. *Am J Med*. 1991;91(3(Suppl 2)):S152-S157. doi: 10.1016/0002-9343(91)90361-Z
13. Dresbach T, Prusseit J, Breuer J, Simon A. Incidence of nosocomial infections in children undergoing cardiac surgery. *Rev Med Microbiol*. 2009;20(4):74-83. doi: 10.1097/MRM.0b013e3283344b2a
14. García H, Cervantes-Luna B, González-Cabello H, Miranda-Novales G. Risk factors for nosocomial infections after cardiac surgery in newborns with congenital heart disease. *Pediatr Neonatol*. 2018;59(4):404-409. doi: 10.1016/j.pedneo.2017.11.014
15. Sen AC, Morrow DF, Balachandran R, *et al.* Postoperative infection in developing world congenital heart surgery programs: Data from the International Quality Improvement Collaborative. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2017;10(4):e002935. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.116.002935
16. Hatachi T, Tachibana K, Inata Yu, *et al.* Risk factors for healthcare-associated infections after pediatric cardiac surgery. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19(3):237-244. doi: 10.1097/PCC.0000000000001445
17. Mawalla B, Mshana SE, Chalya PL, Imirzalioglu C, Mahalu W. Predictors of surgical site infections among patients undergoing major surgery at Bugando Medical Centre in Northwestern Tanzania. *BMC Surg*. 2011;11(21). doi: 10.1186/1471-2482-11-21
18. Kumar RK, Shrivastava S. Paediatric heart care in India. *Heart*. 2008;94(8):984–990. doi: 10.1136/hrt.2007.139360
19. Hasija N.S., Makhija N., Kiran U., *et al.* Nosocomial infections in infants and children after cardiac surgery. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;24(4):233–239.
20. Dossett LA, Dageforde LA, Swenson BR, *et al.* Obesity and site-specific nosocomial infection risk in the intensive care unit. *Surg Infect (Larchmt)*. 2009;10(2):137-142. doi: 10.1089/sur.2008.028
21. Орлова О.А., Акимкин В.Г., Чистова А.В. и др. Эпидемиологическая характеристика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в отделениях хирургического профиля // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2014. Т. 19. № 6. С. 20–27.
22. Александрович Ю.С., Иванов Д.О., Павловская Е.Ю. и др. Особенности микробиоты у новорожденных в критическом состоянии при поступлении в ОРИТ специализированного стационара // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 19. № 2. С. 56–63. doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-2-56-63
23. Головерова Ю.А., Марьин Г.Г., Шабалина В.С. и др. Уровень заболеваемости инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в отделениях высокого эпидемиологического риска инфицирования // Инфекционные болезни. 2019. Т. 17. № 3. С. 69–73. doi: 10.20953/1729-9225-2019-3-69-73
24. Тутельян А.В., Сычева Н.В., Квасова О.А. и др. К вопросу оптимизации системы учета и регистрации ИСМП в России // Контроль и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП-2021): Сборник тезисов IX конгресса с международным участием, Москва, 25–26 ноября 2021 года. М.: ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. 2021. С. 122.
25. Орлова О.А., Акимкин В.Г. Организация эпидемиологического надзора за инфекциями в области хирургического вмешательства // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 6 (303). С. 45–48. doi: 10.35627/2219-5238/2018-303-6-45-48
26. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Марченко С.П. и др. Факторы риска стернальной инфекции у детей после кардиохирургических операций // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2014. № 4 (48). С. 218–223.
27. Попов Д.А. Послеоперационные инфекционные осложнения в кардиохирургии // Анналы хирургии. 2013. № 5. С. 15–21.

References

1. Bokerija EL. Perinatal cardiology: The present and the future. Part I: Congenital heart disease. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2019;64(3):5-10. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2019-64-3-5-10
2. Bokerija LA, Beloborodova NV. [*Infection in Cardiac Surgery*.] Moscow: A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery Publ.; 2007. (In Russ.)
3. Chalapa VI, Kosova AA, Zhuykov NN, Alimov AV, Blagodareva MS, Bil VA. Epidemiological surveillance of healthcare-associated infections and the problem of underestimating cases: Results of sociological study in medical organizations of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2020;23(3):48-55. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20202303148
4. Malashenko AA, Aslanov BI, Nabieva AS, Yebert MA, Kolosovckaya EN. Risk factors for surgical site infection in pediatric surgery. *Tikhookeanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018;(3(73)):61-63. (In Russ.) doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2018.3.61-63
5. Kurakin ES. Infections connected with provision of medical assistance as a global modern issue. *Zhurnal MediAl'*. 2017;(2(20)):42-44. (In Russ.)
6. Malashenko AA. Pediatric surgery risk-oriented approach in prevention of infections in the region of surgical intervention. *Permskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2017;34(4):18-23. (In Russ.) doi: 10.17816/pmj34418-23
7. Kazachek YaV, Pomeshkina SA, Barbarash OL. Prevention of infectious complications in cardiac surgery. *Kompleksnye Problemy Serdechno-Sosudistykh Zabolevaniy*. 2014;(4):62-69. (In Russ.)
8. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008;36(5):309-332. doi: 10.1016/j.ajic.2008.03.002
9. Yu X, Chen M, Liu X, *et al.* Risk factors of nosocomial infection after cardiac surgery in children with congenital heart disease. *BMC Infect Dis*. 2020;20(1):64. doi: 10.1186/s12879-020-4769-6
10. Zhang J, Yuan Y, Li P, *et al.* Postoperative nosocomial infections among children with congenital heart disease. *Pak J Med Sci*. 2014;30(3):554-557. doi: 10.12669/pjms.303.4648
11. Levy I, Ovadia B, Erez E, *et al.* Nosocomial infections after cardiac surgery in infants and children: Incidence and risk factors. *J Hosp Infect*. 2003;53(2):111-116. doi: 10.1053/jhin.2002.1359
12. Culver DH, Horan TC, Gaynes RP, *et al.* National Nosocomial Infections Surveillance System. Surgical wound infection rates by wound class, operative procedure, and patient risk index. *Am J Med*. 1991;91(3(Suppl 2)):S152-S157. doi: 10.1016/0002-9343(91)90361-Z
13. Dresbach T, Prusseit J, Breuer J, Simon A. Incidence of nosocomial infections in children undergoing cardiac surgery. *Rev Med Microbiol*. 2009;20(4):74-83. doi: 10.1097/MRM.0b013e3283344b2a
14. García H, Cervantes-Luna B, González-Cabello H, Miranda-Novales G. Risk factors for nosocomial infections after cardiac surgery in newborns with congenital heart disease. *Pediatr Neonatol*. 2018;59(4):404-409. doi: 10.1016/j.pedneo.2017.11.014
15. Sen AC, Morrow DF, Balachandran R, *et al.* Postoperative infection in developing world congenital heart surgery programs: Data from the International Quality Improvement Collaborative. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2017;10(4):e002935. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.116.002935
16. Hatachi T, Tachibana K, Inata Yu, *et al.* Risk factors for healthcare-associated infections after pediatric cardiac surgery. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19(3):237-244. doi: 10.1097/PCC.0000000000001445
17. Mawalla B, Mshana SE, Chalya PL, Imirzalioglu C, Mahalu W. Predictors of surgical site infections among patients undergoing major surgery at Bugando Medical Centre in Northwestern Tanzania. *BMC Surg*. 2011;11(21). doi: 10.1186/1471-2482-11-21
18. Kumar RK, Shrivastava S. Paediatric heart care in India. *Heart*. 2008;94(8):984–990. doi: 10.1136/hrt.2007.139360
19. Hasija N.S., Makhija N., Kiran U., *et al.* Nosocomial infections in infants and children after cardiac surgery. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;24(4):233–239.
20. Dossett LA, Dageforde LA, Swenson BR, *et al.* Obesity and site-specific nosocomial infection risk in the intensive care unit. *Surg Infect (Larchmt)*. 2009;10(2):137-142. doi: 10.1089/sur.2008.028
21. Orlova OA, Akimkin VG, Chistova AV, Efremova NP. Epidemiological characteristics of infections associated with delivery of health care in surgical departments. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni*. 2014;19(6):20-27. (In Russ.)
22. Aleksandrovich YuS, Ivanov DO, Pavlovskaya EYu, *et al.* Features of microbiota in newborns in critical condition at admission to the intensive care unit of a specialized hospital. *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2022;19(2):56-63. (In Russ.) doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-2-56-63
23. Goloverova YuA, Marin GG, Shabalina SV, Tutelyan AV, Orlova OA, Akimkin VG. Incidence of health care-associated infections in high-risk hospital units. *Infektsionnye Bolezni*. 2019;17(3):69-73. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2019-3-69-73
24. Tutelyan AV, Sycheva NV, Kvasova OA, *et al.* [On the issue of optimizing the system of accounting and registration of healthcare-associated infections in Russia.] In: *Control and Prevention of Healthcare-Associated Infections: Proceedings of the Ninth Congress with international participation, Moscow, November 25–26, 2021.* Moscow: Central Research Institute of Epidemiology of Rospotrebnadzor Publ.; 2021:122. (In Russ.)
25. Orlova OA, Akimkin VG. Organization of epidemiological surveillance of infections in the field of surgical intervention. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(6(303)):45-48. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-303-6-45-48
26. Khubulava GG, Shikhverdiev NN, Marchenko SP, *et al.* Risk factors of sternal wound infection after pediatric cardiac surgery. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2014;(4(48)):218-223. (In Russ.)
27. Popov DA. Postoperative infectious complications in cardiac surgery. *Annaly Khirurgii*. 2013;(5):15-21. (In Russ.)

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-76-81
Оригинальная исследовательская статья

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

© Коллектив авторов, 2022
УДК 616-036.22

Молекулярно-генетический мониторинг как компонент эпидемиологического надзора за гепатитом С

А.Д. Кашникова, Т.Н. Быстрова, А.В. Полянина, А.А. Залесских

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора, ул. Малая Ямская, д. 71, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

Резюме

Введение. Вирус гепатита С характеризуется высокой степенью спонтанных мутаций и генетической гетерогенностью. На территории России генотипическая структура значительно различается в зависимости от региона, что является отражением автономности эпидемического процесса гепатита С.

Цель исследования: изучение и анализ разнообразия генетических вариантов вируса гепатита С, циркулирующих в Нижнем Новгороде в современный период.

Материалы и методы. Ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости гепатитом С на территории Нижегородской области проведен на основе официальных статистических данных. Из банка сывороток крови отобрано 142 254 образца от лиц, проходивших обследование на догоспитальном этапе и при поступлении в стационары неинфекционного профиля. Лабораторное исследование включало определение маркеров инфицирования вирусом гепатита С: анти-ВГС классов иммуноглобулинов М и G, антител к структурному и неструктурным белкам. Часть серопозитивных образцов исследована на наличие геномной РНК ВГС с последующим генотипированием вируса методом ОТ-ПЦР в режиме Real Time.

Результаты. В Н. Новгороде установлена тенденция к стабилизации заболеваемости острым гепатитом С и формирование выраженной тенденции к снижению заболеваемости впервые выявленного хронического гепатита С. По результатам проведенного серологического исследования превалентность анти-ВГС составила 3,1 ± 0,1 на 100 обследованных. Распространенность РНК ВГС среди взрослого населения составила 1,9 ± 0,1 %, пиковых значений показатель достигал в возрастной группе 40–49 лет. В профиле распределения генотипов с одинаковой долей доминировали субтипы 1b и 3a, минорными являлись субтип 1a и генотип 2, микст-варианты.

Заключение. Внедрение современных достижений молекулярно-генетической диагностики в систему эпидемиологического надзора за гепатитом С определяется актуальностью проведения комплексного обследования лиц с инфекцией гепатита С с целью мониторинга циркуляции генотипов/субтипов вируса гепатита С, понимания эволюции и эпидемиологических особенностей инфекции на различных территориях.

Ключевые слова: гепатит С, серологическое исследование, генотип, генотипирование, молекулярно-генетический мониторинг, эпидемиологический надзор.

Для цитирования: Кашникова А.Д., Быстрова Т.Н., Полянина А.В., Залесских А.А. Молекулярно-генетический мониторинг как компонент эпидемиологического надзора за гепатитом С // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 76–81. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-76-81

Сведения об авторах:

✉ **Кашникова** Анна Дмитриевна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии вирусных гепатитов; e-mail: gabckad@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9893-5848.

Быстрова Татьяна Николаевна – д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии вирусных гепатитов; e-mail: gepatit-bystrova@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-2719-6328.

Полянина Анастасия Викторовна – к.м.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией эпидемиологии вирусных гепатитов; e-mail: polyanina.anastasia@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/ 0000-0003-1258-5467.

Залесских Артем Александрович – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии вирусных гепатитов; e-mail: artzales@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/ 0000-0001-5299-739X.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Быстрова Т.Н.*; сбор и обработка материала: *Кашникова А.Д., Быстрова Т.Н., Полянина А.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Кашникова А.Д., Быстрова Т.Н., Полянина А.В.*; обзор литературы: *Кашникова А.Д.*; подготовка проекта рукописи: *Кашникова А.Д.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: протокол исследования одобрен на заседании Локального этического комитета ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. академика И.Н. Блохиной» Роспотребнадзора № 2 от 24.03.2020.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 15.04.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Genetic Monitoring as a Component of Hepatitis C Surveillance

Anna D. Kashnikova, Tatiana N. Bystrova, Anastasia V. Polyanina, Artem A. Zalesskikh

Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, 71 Malaya Yamskaya Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

Summary

Background: The hepatitis C virus is known for its high spontaneous mutation rate and genetic heterogeneity. Genotype distribution varies greatly between different regions of Russia. This phenomenon reflects autonomous nature of the epidemic process of the hepatitis C infection.

Objective: To investigate and analyze the diversity of genetic variants of the hepatitis C virus currently circulating in the city of Nizhny Novgorod.

Material and methods: Official hepatitis C incidence data for the Nizhny Novgorod Region were analyzed retrospectively. From the blood serum bank, we obtained 142,254 serum samples from examined outpatients and patients admitted to hospitals for noninfectious diseases. Laboratory testing included detection of the following markers for hepatitis C virus infection: serum anti-HCV IgM and IgG, antibodies to structural and non-structural viral proteins. A part of seropositive samples was tested for HCV RNA and genotyped by real-time PCR.

Results: We observed stabilization of the trend in the incidence of acute hepatitis C in Nizhny Novgorod and a steady decrease in the incidence of newly diagnosed chronic hepatitis C. The antibody serology tests showed that the prevalence of anti-HCV was 3.1 ± 0.1 per 100 examined persons. HCV RNA was detected in 1.9 ± 0.1 % of adults, the most affected being those aged 40–49 years. Subtypes 1b and 3a prevailed while subtype 1a, genotype 2, and mixed variants were rare.

Conclusion: Introduction of advances in genetic diagnosis into the system of epidemiologic hepatitis C surveillance is determined by the relevance of conducting a comprehensive examination of people infected with HCV in order to monitor circulation of hepatitis C virus genotypes/subtypes and to understand the evolution and epidemiological features of the disease in different areas.

Keywords: hepatitis C, serology testing, genotype, genetic monitoring, epidemiologic surveillance.

For citation: Kashnikova AD, Bystrova TN, Polyanina AV, Zalesskikh AA. Genetic monitoring as a component of hepatitis C surveillance. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):76–81. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-76-81

Author information:
✉ Anna D. **Kashnikova**, Junior Researcher, Laboratory of Epidemiology of Viral Hepatitis; e-mail: gabckad@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9893-5848.
Tatiana N. **Bystrova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Laboratory of Epidemiology of Viral Hepatitis; e-mail: gepatit-bystrova@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2719-6328.
Anastasia V. **Polyanina**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of the Laboratory of Epidemiology of Viral Hepatitis; e-mail: polyanina.anastasia@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1258-5467.
Artem A. **Zalesskikh**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Epidemiology of Viral Hepatitis; e-mail: artzales@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5299-739X.

Author contributions: study conception and design: *Bystrova T.N.*; data collection and processing: *Kashnikova A.D., Bystrova T.N., Polyanina A.V.*; analysis and interpretation of results: *Kashnikova A.D., Bystrova T.N., Polyanina A.V.*; literature review: *Kashnikova A.D.*; draft manuscript preparation: *Kashnikova A.D.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript
Compliance with ethical standards: The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Minutes No. 2 of March 24, 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: April 15, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более 170 млн человек имеют маркеры вируса гепатита С (ВГС), ключевой характеристикой которого является высокая степень спонтанных мутаций и, как следствие, генетическая гетерогенность, что влияет на частоту хронизации инфекции, тяжесть течения болезни и ее дальнейшее прогрессирование, а также затрудняет создание эффективного средства специфической профилактики [1–5]. По официальным данным, экономические затраты, связанные с гепатитом С (ГС) в РФ в 2020 году, превысили 13,6 миллиарда рублей[1]. В своем послании Федеральному собранию от 21 апреля 2021 г. президент РФ после обсуждения ситуации с новой коронавирусной инфекцией обозначил приоритетность решения проблемы ГС-инфекции. Повсеместное распространение, преимущественно бессимптомное течение, исключительно высокая частота хронизации (до 75–83 %) с возможным переходом в цирроз (26–35 %) и первичный рак печени (30–40 %) определяют социально-экономическое бремя ГС [3, 6–8].

В 2016 г. ВОЗ приняла «Глобальную стратегию сектора здравоохранения по вирусному гепатиту», целью которой является элиминация вирусного гепатита как проблемы общественного здравоохранения. В задачах, ориентированных на максимальное увеличение охвата населения скрининг-диагностикой на ГС-инфекцию, отражены целевые показатели «Стратегии» – охват к 2030 г. должен составить до 90 % населения. Для оценки нагрузки ГС-инфекции на популяцию рекомендуется проводить сероэпидемиологические исследования среди условно здорового населения, что позволяет определять динамические изменения в превалентности ГС и устанавливать наиболее пораженные группы населения [2]. Последние исследования показали высокую распространенность ГС среди лиц 30–49 лет в европейском регионе, что актуализирует необходимость расширения стратегий скрининга инфекции.

В современный период применяется классификация ВГС, которая основывается на области генома, кодирующей белок NS5b, и позволяет определить 8 генотипов вируса (номенклатура P. Simmonds et al.), более 89 субтипов и 9 межгенотипных рекомбинантных форм. Согласно данной классификации генотипы ВГС обозначены арабскими цифрами от 1 до 8, а субтипы – буквами латинского алфавита [1, 9–12].

Накопленные к настоящему времени данные указывают на значительную роль генотипа ВГС в течении и исходах заболевания. Установлено, что ВГС 3-го генотипа является фактором, способствующим развитию стеатоза печени, ускоренному формированию и прогрессированию фиброза печени, развитию гепатоцеллюлярной карциномы в исходе заболевания достоверно чаще, чем у инфицированных ВГС 1, 2 или 4-го генотипов [13, 14]. Определение генотипической принадлежности ВГС также играет важную роль при выборе тактики проводимой терапии. По данным литературы, пациенты, инфицированные ВГС субтипа 1b, хуже отвечают как на интерфероновую терапию, так и на терапию некоторыми препаратами прямого противовирусного действия (ППВД), в отличие от пациентов, инфицированных ВГС генотипов 2 и 3 [15, 16].

Молекулярно-эпидемиологические исследования распространенности генотипов ВГС установили географические различия в их циркуляции. В большинстве стран доминирует 1-й генотип с превалированием 1b субтипа. Генотип 2 имеет более ограниченное распространение, но широко представлен в странах Азии, Центральной Латинской Америки, Западной Африки. Генотип 3 наиболее распространен в Таиланде, Северной Европе и Австралии. В странах Северной и Центральной Африки превалирует 4-й генотип [17–19].

Несмотря на то что действующая в России система эпидемиологического надзора (ЭН) за ГС позволяет отслеживать все параметры мониторинга для получения объективного представления эпидемиологической ситуации, информация о распределении генотипов на отдельных территориях весьма ограничена.

По материалам ЦНИИЭ Роспотребнадзора, на территории РФ циркулируют 4 субтипа вируса – 1a, 1b, 2 и 3a. Согласно данным автоматизированной

[1] О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-76-81
Оригинальная исследовательская статья

информационной системы «Вирусные гепатиты», в 2019 г. сохраняется доминирование субтипа 1b, его доля в генотипической структуре составляет до 46,9 %. Сообщается также об увеличении доли 3-го генотипа ВГС с 40,2 до 42,1 %. Менее распространенными являются генотип 2 (8,4 %) и субтип 1a (2,6 %). Другие исследования, проведенные на территории РФ, подтверждают превалирование 1b и 3a субтипов ВГС [20–23].

Высокая генетическая вариабельность вируса и особенности распределения генотипов между территориями и социальными группами диктуют необходимость углубленного изучения закономерностей распространения ВГС среди населения РФ и установления взаимосвязи между генетической структурой вируса и различными проявлениями автономности эпидемического процесса инфекции.

Цель: изучение и проведение анализа разнообразия генетических вариантов вируса гепатита С, циркулирующих в г. Н. Новгороде в современный период.

Материалы и методы. Ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости ГС проведен на основе официальных статистических данных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Нижегородской области» (форма № 2). Анализ заболеваемости острым ГС (ОГС) проведен с момента регистрации (с 1994 по 2020 г.) Заболеваемость впервые выявленным хроническим ГС (ХГС) рассмотрена за период с 1997 по 2020 г., начиная с момента официальной регистрации.

Для определения объективной распространенности ВГС среди населения региона из банка сывороток крови отобрано 142 254 образца от лиц, проходивших обследование на догоспитальном этапе и при поступлении в стационары неинфекционного профиля в период с 2013 по 2020 г. В исследование были включены лица возрастных групп: дети до 1 года, 1–2, 3–6, 7–14, 15–19, 20–29, 30–39, 40–49, 50–59 и старше 60 лет. Лабораторное исследование включало определение маркеров инфицирования ВГС: анти-ВГС классов иммуноглобулинов М и G, антитела к структурному (core) и неструктурным (NS3, NS4, NS5) белкам ВГС, которые были исследованы методом ИФА с помощью коммерческих тест-систем производства АО «Вектор-Бест» (р.п. Кольцово, Новосибирская обл.). Для выявления активной инфекции серопозитивные образцы исследованы на наличие геномной РНК ВГС ($n = 978$) с последующим генотипированием вируса ($n = 348$) методом ОТ-ПЦР в режиме Real Time. Качественное выявление и генотипирование РНК ВГС осуществлялось наборами реагентов «АмплиСенс HCV-Мониторинг-FL» и «АмплиСенс HCV-генотип-FL, вариант FRT-g1-6» (ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва) с помощью прибора Rotor Gene-6000 (Германия). Для выявления динамических изменений в генотипической структуре установлена доля различных субтипов ВГС в 2013–2020 гг. по сравнению с временными периодами 2001–2006 и 2007–2014 гг. Для статистической обработки результатов (показатель средних величин – M, стандартная ошибка средних величин – m, t-критерий Стьюдента (различия считали достоверными при 0,95 % ($p < 0,05$)) применялась прикладная программа Microsoft Excel 2010 и персональный компьютер.

Результаты исследования. В результате анализа многолетней динамики регистрируемой заболеваемости различными формами ГС в Нижнем Новгороде установлена тенденция к стабилизации заболеваемости ОГС ($T = -0,11$) с 2002 г. и формирование выраженной тенденции к снижению заболеваемости впервые выявленного ХГС ($T = -8,8$) с 2014 г. На протяжении всего периода наблюдения в Н. Новгороде, как в целом по РФ, отмечен рост соотношения между показателями острой и хронической форм инфекции (с 1 : 0,7 в 1997 г. до 1 : 33,1 в 2020 г. и с 1 : 0,5 в 1997 г. до 1 : 30,9 в 2020 г. соответственно). В современный период (2016–2020 гг.) показатель заболеваемости впервые выявленным ХГС в 28,5 раза превышает аналогичный показатель при ОГС. Предполагается, что сохранение показателей заболеваемости ХГС на высоком уровне в настоящее время является следствием инфицирования ВГС, которое произошло 10–15 лет назад и привело к развитию хронической инфекции, выявляемой сейчас [24].

В Н. Новгороде с 1997 г. зарегистрировано более 13 тысяч случаев носительства и более 21 тысячи случаев ХГС, что составляет 2,5 % от среднегодовой численности населения. В структуре пораженности ГС-инфекцией доминировали лица старше 17 лет, на долю которых приходилось 80 % случаев ОГС и 98 % случаев ХГС. Кумулятивный показатель заболеваемости ГС (ОГС, ХГС и носительство) в 2020 г. составил 2870,1 ‰.

Для изучения распространенности латентного компонента эпидемического процесса ГС-инфекции проведен комплексный анализ результатов лабораторного обследования населения исследуемой территории.

По результатам проведенного исследования превалентность анти-ВГС в группе условно здорового населения в среднем составила $3,1 \pm 0,1$ на 100 обследованных (рис. 1).

Обращает на себя внимание высокая частота обнаружения анти-ВГС в группе детского населения, особенно среди детей до 1 года ($8,7 \pm 0,8$ %), что связано с возможной реализацией вертикального пути передачи и циркуляцией трансплацентарных материнских антител до 1,5 года, что соответствует данным литературы [25]. Обнаружение анти-ВГС в старших возрастных группах при отсутствии РНК ВГС ассоциируется, как правило, с перенесенной активной инфекцией [26].

Наибольшее количество серопозитивных лиц среди взрослых выявлено в возрастных группах 30–39 и 40–49 лет ($4,2 \pm 0,3$ и $7,0 \pm 0,6$ % соответственно), что демонстрирует высокую распространенность инфекции среди трудоспособного населения репродуктивного возраста.

Проведенные молекулярно-генетические исследования демонстрируют значительную частоту обнаружения РНК ВГС среди совокупного населения. Случаи активной ВГС-инфекции среди обследованных лиц выявлены во всех возрастных группах, кроме детей 2–6 лет. Рост инфицированности ВГС зарегистрирован среди детей в возрасте 7–14 лет, что подтверждалось выявлением РНК ВГС у 0,1 % обследованных. В более старших возрастных группах наблюдался достоверный рост показателей выявления маркеров текущей инфекции начиная с возрастной группы 30–39 лет ($2,8 \pm 0,2$ %, $p < 0,05$). Максимальных значений показатель выявления РНК ВГС достигал в возрастной группе 40–49 лет ($4,4 \pm 0,5$ %, $p < 0,05$). Распространенность среди взрослого населения

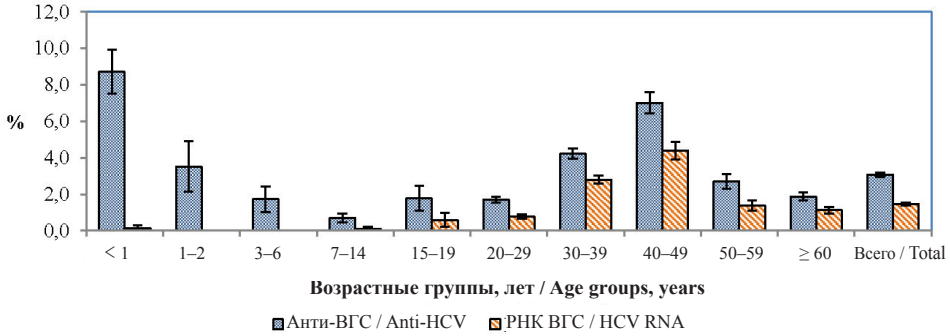

Рис. 1. Частота выявления анти-ВГС и РНК ВГС в различных возрастных группах среди совокупного населения Н. Новгорода в 2013–2020 гг.

Fig. 1. Prevalence of anti-HCV and HCV RNA in different age groups of the general population of Nizhny Novgorod in the years 2013–2020

в целом составила 1,9 ± 0,1 %, что в 9,5 раза выше, чем среди детского населения (0,2 ± 0,1 %).

Частота обнаружения РНК ВГС среди взрослого анти-ВГС серопозитивного населения в среднем составила 58,5 ± 3,2 %, что соответствует полученным ранее данным [19]. Достоверной разницы по изучаемому параметру между возрастными группами не обнаружено ($p < 0,05$). При анализе половозрастных особенностей выявлено, что РНК ВГС у лиц в возрасте старше 50 лет несколько реже определялось среди женщин (43 % у женщин против 64 % у мужчин, $p > 0,05$).

Проведенное генотипирование РНК-позитивных образцов показало, что генотипическое разнообразие ВГС на территории Н. Новгорода представлено 4 геновариантами – 1, 2, 3 и 5-м, причем генотип 5 был выявлен в единичном случае. В профиле распределения генотипов ВГС с одинаковой долей доминировали субтипы 1b и 3a, частота встречаемости которых составляла 40,2 ± 3,1 и 38,1 ± 3,1 % соответственно. Минорными являлись субтип 1a (5,9 ± 2,4 %) и генотип 2 (6,7 ± 2,5 %). Образцы, содержащие одновременно два генотипа (микст-вариант) составили 3,5 ± 1,0 %. Все комбинации представляли собой различное сочетание субтипов 1-го генотипа и других геновариантов ВГС: 1a/1b – 1,3 ± 1,2 %, 1a/2 – 0,3 ± 1,5 %, 1a/3a – 0,5 ± 0,7 %, 1b/2 – 1,1 ± 1,0 %, 1b/3a – 0,3 ± 0,5 %. Комбинация 2-го и 3-го генотипов ВГС не встречалась. Негенотипируемые образцы составили 5,6 ± 1,2 %.

Сравнительная характеристика полученных результатов исследований, выполненных на территории Нижегородской области в 2001–2006[2] и 2007–2012 гг., свидетельствует об увеличении доли субтипа 1a и генотипа 2 в 2000-х гг., постепенном уменьшение доли субтипов 1b и 3a, что отражает изменения в структуре генотипов, циркулирующих на исследуемой территории на протяжении последних двадцати лет [27] (рис. 2).

В генотипической структуре ВГС с 2001 г. стабильно превалируют субтипы 1b и 3a. Обращает на себя внимание значительное увеличение частоты обнаружения субтипа 1a (с 0,7 ± 0,2 % в 2001–2006 гг. до 5,9 ± 2,4 % в 2013–2020 гг.) и генотипа 2 (с 2,4 ± 0,4 % в 2001–2006 гг. до 6,7 ± 2,5 % в 2013–2020 гг.) среди РНК-положительных проб.

Разделение изучаемой группы населения по гендерному и возрастному признакам позволило выявить некоторые различия в структуре генотипов/субтипов ВГС. При анализе генотипической структуры среди различных возрастных групп установлен рост доли 1b субтипа с увеличением возраста инфицированных лиц (с 38 до 67 %) и снижение доли субтипа 3a (с 31 до 13 %). Субтип 1a в равной степени выявлялся в возрастных группах 20–29 и 30–39 лет и не был обнаружен у лиц старше 50 лет.

Среди лиц женского пола старше 30 лет достоверно чаще, чем у мужчин, детектировался субтип 3a (45,7 ± 7,7 против 28,8 ± 8,2 %, $p < 0,05$).

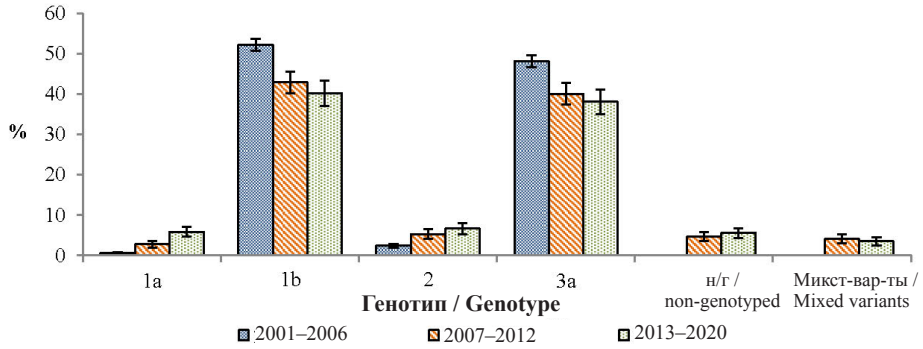

Рис. 2. Динамические изменения генотипического разнообразия ВГС на территории Н. Новгорода в 2001–2006, 2007–2012 и 2013–2020 гг.

Fig. 2. Dynamic changes in the HCV genotype structure in the city of Nizhny Novgorod in 2001–2006, 2007–2012, and 2013–2020

[2] Мазепа В. Н. Оптимизация и комплексное использование полимеразной цепной реакции в диагностике актуальных инфекционных заболеваний на модели острых кишечных, хеликобактерной, менингококковых урогенитальных инфекций и вирусных гепатитов: автореф. ... д-ра биол. наук: 03.02.03. Москва, 2010.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-76-81
Оригинальная исследовательская статья

Обсуждение. Снижение заболеваемости острой и хронической формами ГС-инфекции, отмеченное в Н. Новгороде в последние годы, совпадает с общероссийской тенденцией. Однако превалирование хронической формы инфекции над острой (0,8 ‰ при ОГС против 26,5 ‰ при ХГС в 2020 г.) и ежегодная регистрация значительного количества случаев впервые выявленного ХГС свидетельствуют о сохранении высоких темпов накопления источников инфекции в популяции и определяют неблагоприятный прогноз развития эпидемиологической ситуации по ГС в будущем.

Результаты проведенного молекулярно-эпидемиологического исследования продемонстрировали значительную степень пораженности ВГС взрослого населения Н. Новгорода, что позволило отнести регион к территориям с высокой активностью ЭП ГС. Высокая частота обнаружения маркеров инфицирования ВГС среди лиц 30–49 лет, согласно имеющимся моделям передачи ВГС, позволяет отнести Н. Новгород к территориям, для которых характерна модель, когда доминирующим фактором риска передачи инфекции являлась инъекционная наркомания среди лиц, заразившихся 20–30 лет назад, что соответствует данным, полученным другими исследователями на территории России [28, 29].

Структура генотипов/субтипов ВГС, циркулирующих среди населения Н. Новгорода, соответствовала данным отечественных исследований, согласно которым наиболее распространенными являлись субтипы ВГС 1b и 3a. Увеличение частоты обнаружения субтипа 1a и генотипа 2 на изучаемой территории, возможно, связано с многократным импортированием и дальнейшим распространением новых штаммов ВГС из Европы и стран Азии [1, 30].

Заключение. Внедрение современных достижений молекулярно-генетической диагностики в систему ЭН за ГС определяется актуальностью проведения комплексного обследования лиц с ГС-инфекцией с целью мониторинга циркуляции генотипов/субтипов ВГС, понимания эволюции и эпидемиологических особенностей инфекции на различных территориях, что, в свою очередь, позволяет проводить оперативный эпидемиологический анализ, учитывать особенности распространения ВГС в различных когортах и выявлять группы риска инфицирования. Целенаправленные исследования должны быть ориентированы на изучение изменений распространенности генотипов/субтипов ВГС на фоне современного лечения, а также оценку различий в ответе субтипов на существующие схемы терапии ППД, особенно с учетом специфических для субтипов полиморфизмов.

Список литературы

1. Николаева Л.И., Лейбман Е.А., Сапронов Г.В. Эволюция и изменчивость вируса гепатита С и особенности современной лабораторной диагностики маркеров гепатита С. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2015. Т. 14. № 3. С. 23–30. doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-3-23-30
2. Калинина О.В. Вирус гепатита С: механизмы изменчивости, классификация, эволюция // Вопросы вирусологии. 2015. Т. 60. № 5. С. 5–10.
3. World Health Organization. *Guidelines for the Screening, Care and Treatment of Persons with Chronic Hepatitis C Infection*. Geneva: WHO; 2016. Accessed November 9, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/205035
4. Бедельбаева Г.Г. Внепеченочные проявления хронических заболеваний печени (обзор литературы) // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2012. № 1. С. 216–220.
5. Manns MP, Maasoumy B. Breakthroughs in hepatitis C research: from discovery to cure. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2022;19(8):533-550. doi: 10.1038/s41575-022-00608-8
6. Макашова В.В., Понежева Ж.Б., Омарова Х.Г. и др. Исходы хронического гепатита С в зависимости от возраста больных // Инфекционные болезни. 2021. Т. 19. № 1. С. 105–109. doi: 10.20953/1729-9225-2021-1-105-109
7. Чуланов В.П., Городин В.Н., Сагалова О.И. и др. Бремя вирусного гепатита С в Российской Федерации: от реальной ситуации к стратегии // Инфекционные болезни. 2021. Т. 19. № 4. С. 52–63. doi: 10.20953/1729-9225-2021-4-52-63
8. Чурбакова О.В., Акимкин В.Г., Павлов В.В. и др. Эпидемиологическая обстановка в России и Самарской области по хроническому гепатиту С // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 11 (332). С. 72–77. doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-72-77
9. Smith DB, Pathirana S, Davidson F, *et al*. The origin of hepatitis C virus genotypes. *J Gen Virol*. 1997;78(Pt 2):321-328. doi: 10.1099/0022-1317-78-2-321
10. Keikha M, Eslami M, Yousefi B, *et al*. HCV genotypes and their determinative role in hepatitis C treatment. *Virusdisease*. 2020;31(3):235-240. doi: 10.1007/s13337-020-00592-0
11. Borgia SM, Hedskog C, Parhy B, *et al*. Identification of a novel hepatitis C virus genotype from Punjab, India: Expanding classification of hepatitis C virus into 8 genotypes. *J Infect Dis*. 2018;218(11):1722-1729. doi: 10.1093/infdis/jiy401
12. Hedskog C, Parhy B, Chang S, *et al*. Identification of 19 novel hepatitis C virus subtypes – Further expanding HCV classification. *Open Forum Infect Dis*. 2019;6(3):ofz076. doi: 10.1093/ofid/ofz076
13. Бацких С.Н., Морозов С.В., Чуланов В.П., Покровский В.И. Вирус гепатита С 3-го генотипа: такой «простой», такой «сложный» // Терапевтический архив. 2012. Т. 84. № 11. С. 4–10.
14. Morozov VA, Lagaye S. Hepatitis C virus: Morphogenesis, infection and therapy. *World J Hepatol*. 2018;10(2):186-212. doi: 10.4254/wjh.v10.i2.186
15. Кравченко А.В., Куимова У.А., Ганкина Н.Ю., Канестри В.Г., Чуланов В.П. Предикторы устойчивого вирусологического ответа при терапии хронического гепатита С у больных ВИЧ-инфекцией // Инфекционные болезни. 2014. Т. 12. № 2. С. 30–35.
16. Rabaan AA, Al-Ahmed SH, Bazzi AM, *et al*. Overview of hepatitis C infection, molecular biology, and new treatment. *J Infect Public Health*. 2020;13(5):773-783. doi: 10.1016/j.jiph.2019.11.015
17. Daw MA, El-Bouzedi AA, Ahmed MO, Dau AA, Agnan MM, Drah AM. Geographic integration of hepatitis C virus: A global threat. *World J Virol*. 2016;5(4):170-182. doi: 10.5501/wjv.v5.i4.170
18. Messina JP, Humphreys I, Flaxman A, *et al*. Global distribution and prevalence of hepatitis C virus genotypes. *Hepatology*. 2015;61(1):77-87. doi: 10.1002/hep.27259
19. Kartashev V, Döring M, Nieto L, Coletta E, Kaiser R, Sierra S; HCV EuResist Study group. New findings in HCV genotype distribution in selected West European, Russian and Israeli regions. *J Clin Virol*. 2016;81:82-89. doi: 10.1016/j.jcv.2016.05.010
20. Котова В.О., Балахонцева Л.А., Базыкина Е.А., Троценко О.Е., Бельды В.Н., Кирдяшова С.Е. Генетическое разнообразие вируса гепатита С среди населения Нанайского района Хабаровского края // Инфекция и иммунитет. 2021. Т. 11. № 1. С. 148–156.
21. Богомолов П.О., Буеверов А.О., Мациевич М.В. и др. Эпидемиология гепатита С в Московской области: данные регионального регистра и скрининга на антитела к HCV // Альманах клинической медицины. 2016. Т. 44. № 6. С. 689–697. doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-6-689-696
22. Кюрегян К.К., Исаева О.В., Кичатова В.С. и др. Распространенность маркеров гепатитов В и С среди условно здорового населения Калининградской области // Эпидемиология и Инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2020. Т. 10. № 4. С. 13–20. doi: 10.18565/epidem.2020.10.4.13-20
23. Соболева Н.В., Карлсен А.А., Кожанова Т.В. и др. Распространенность вируса гепатита С среди условно здорового населения Российской Федерации. Журнал инфектологии. 2017. Т. 9. № 2. С. 56–64. doi: 10.22625/2072-6732-2017-9-2-56-64

24. Михайлов М.И., Малинникова Е.Ю., Потемкин И.А. и др. Эпидемиология вирусных гепатитов // Журнал микробиологии. 2013. № 1. С. 78–85.
25. Syriopoulou V, Nikolopoulou G, Daikos GL, *et al.* Mother to child transmission of hepatitis C virus: Rate of infection and risk factors. *Scand J Infect Dis.* 2005;37(5):350-353. doi: 10.1080/00365540510032105
26. Polatti F, Viazzo F, Colleoni R, Belloni C, Zara F. Vertical transmission of hepatitis C virus and follow-up of newborns from infected mothers. *Minerva Ginecol.* 2000;52(3):59-62.
27. Михайлова, Ю.В., Быстрова Т.Н., Сутырина О.М. Молекулярно-эпидемиологическая характеристика гепатита С в группах высокого риска инфицирования лечебно-профилактических учреждений Нижнего Новгорода // Медицинский альманах. 2015. № 5 (40). С. 54–60.
28. Kamel MA, Miller FD, el Masry AG, *et al.* The epidemiology of Schistosoma mansoni, hepatitis B and hepatitis C infection in Egypt. *Ann Trop Med Parasitol.* 1994;88(5):501-509. doi: 10.1080/00034983.1994.11812897
29. Singh S, Kumar J, Singh R, Dwivedi SN. Hepatitis B and C viral infections in Indian Kala-Azar patients receiving injectable anti-leishmanial drugs: a community-based study. *Int J Infect Dis.* 2000;4(4):203-208. doi: 10.1016/s1201-9712(00)90110-3
30. Соболева Н.В. Распространенность вируса гепатита С среди условно здорового населения Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва; 2020. 25 с.

References

1. Nikolaeva LI, Leybman EA, Sapronov GV. Evolution and diversity of hepatitis C virus and peculiarity of modern laboratory diagnostic of hepatitis C markers. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika.* 2015;14(3):23-30. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-3-23-30
2. Kalinina OV. Hepatitis C virus: Variability mechanisms, classification, evolution. *Voprosy Virusologii.* 2015;60(5):5-10. (In Russ.)
3. World Health Organization. *Guidelines for the Screening, Care and Treatment of Persons with Chronic Hepatitis C Infection.* Geneva: WHO; 2016. Accessed November 9, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/205035
4. Bedelbaeva GG. Extrahepatic displays chronic diseases of the liver. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta.* 2012;(1):216-220. (In Russ.)
5. Manns MP, Maasoumy B. Breakthroughs in hepatitis C research: from discovery to cure. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2022;19(8):533-550. doi: 10.1038/s41575-022-00608-8
6. Makashova VV, Ponezheva ZhB, Omarova KhG, Mannanova IV, Shapieva NT, Shabalina SV. Outcomes of chronic hepatitis C depending on patients' age. *Infektsionnye Bolezni.* 2021;19(1):105-109. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2021-1-105-109
7. Chulanov VP, Gorodin VN, Sagalova OI, *et al.* Hepatitis C disease burden in the Russian Federation: From the real-life situation to strategy. *Infektsionnye Bolezni.* 2021;19(4):52–63. (In Russ.) doi: 10.20953/1729-9225-2021-4-52-63
8. Churbakova OV, Akimkin VG, Pavlov VV, Pechkurov DV. Epidemiological situation of chronic hepatitis C virus infection in Russia and the Samara Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;11(332):72-77. doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-72-77
9. Smith DB, Pathirana S, Davidson F, *et al.* The origin of hepatitis C virus genotypes. *J Gen Virol.* 1997;78(Pt 2):321-328. doi: 10.1099/0022-1317-78-2-321
10. Keikha M, Eslami M, Yousefi B, *et al.* HCV genotypes and their determinative role in hepatitis C treatment. *Virusdisease.* 2020;31(3):235-240. doi: 10.1007/s13337-020-00592-0
11. Borgia SM, Hedskog C, Parhy B, *et al.* Identification of a novel hepatitis C virus genotype from Punjab, India: Expanding classification of hepatitis C virus into 8 genotypes. *J Infect Dis.* 2018;218(11):1722-1729. doi: 10.1093/infdis/jiy401
12. Hedskog C, Parhy B, Chang S, *et al.* Identification of 19 novel hepatitis C virus subtypes – Further expanding HCV classification. *Open Forum Infect Dis.* 2019;6(3):ofz076. doi: 10.1093/ofid/ofz076
13. Batskikh SN, Morozov SV, Chulanov VP, Pokrovsky VI. Hepatitis C virus Genotype 3: that "simple", yet that "complex". *Terapevticheskiy Arkhiv.* 2012;84(11):4-10. (In Russ.)
14. Morozov VA, Lagaye S. Hepatitis C virus: Morphogenesis, infection and therapy. *World J Hepatol.* 2018;10(2):186-212. doi: 10.4254/wjh.v10.i2.186
15. Kravchenko AV, Kuimova UA, Gankina NYu, Kanestri VG, Chulanov VP. Predictors of sustained virologic response in therapy of chronic hepatitis with pegylated interferon and ribavirin in patients with HIV infection. *Infektsionnye Bolezni.* 2014;12(2):30-35. (In Russ.)
16. Rabaan AA, Al-Ahmed SH, Bazzi AM, *et al.* Overview of hepatitis C infection, molecular biology, and new treatment. *J Infect Public Health.* 2020;13(5):773-783. doi: 10.1016/j.jiph.2019.11.015
17. Daw MA, El-Bouzedi AA, Ahmed MO, Dau AA, Agnan MM, Drah AM. Geographic integration of hepatitis C virus: A global threat. *World J Virol.* 2016;5(4):170-182. doi: 10.5501/wjv.v5.i4.170
18. Messina JP, Humphreys I, Flaxman A, *et al.* Global distribution and prevalence of hepatitis C virus genotypes. *Hepatology.* 2015;61(1):77-87. doi: 10.1002/hep.27259
19. Kartashev V, Döring M, Nieto L, Coletta E, Kaiser R, Sierra S; HCV EuResist Study group. New findings in HCV genotype distribution in selected West European, Russian and Israeli regions. *J Clin Virol.* 2016;81:82-89. doi: 10.1016/j.jcv.2016.05.010
20. Kotova VO, Balakhontseva LA, Bazykina EA, Trotsenko OE, Beldy VN, Kirdyashova SE. Genetic diversity of hepatitis C virus in Nanaian Region, Khabarovsk Territory. *Infektsiya i Immunitet.* 2021;11(1):148-156. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-GDO-1265
21. Bogomolov PO, Bueverov AO, Matsievich MV, *et al.* Epidemiology of hepatitis C in the Moscow Region: Data from the Moscow Regional Registry and screening for HCV antibodies. *Al'manakh Klinicheskoy Meditsiny.* 2016;44(6):689–697. (In Russ.) doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-6-689-696
22. Kyuregyan KK, Isaeva OV, Kichatova VS, *et al.* Prevalence of hepatitis B and C markers among the apparently healthy population of the Kaliningrad Region. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy.* 2020;10(4):13-20. (In Russ.) doi: 10.18565/epidem.2020.10.4.13-20
23. Soboleva NV, Karlsen AA, Kozhanova TV, *et al.* The prevalence of the hepatitis C virus among the conditionally healthy population of the Russian Federation. *Zhurnal Infektologii.* 2017;9(2):56-64. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2017-9-2-56-64
24. Mikhaylov MI, Malinnikova EYu, Potemkin IA, *et al.* Epidemiology of viral hepatitis. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2013;(1):78-85. (In Russ.)
25. Syriopoulou V, Nikolopoulou G, Daikos GL, *et al.* Mother to child transmission of hepatitis C virus: Rate of infection and risk factors. *Scand J Infect Dis.* 2005;37(5):350-353. doi: 10.1080/00365540510032105
26. Polatti F, Viazzo F, Colleoni R, Belloni C, Zara F. Vertical transmission of hepatitis C virus and follow-up of newborns from infected mothers. *Minerva Ginecol.* 2000;52(3):59-62.
27. Mikhailova YuV, Bystrova TN, Sutyrina OM. Molecular and epidemological characteristics of C hepatitis in high risk of infection groups in treatment and prophylaxis facilities of Nizhny Novgorod. *Meditsinskiy Al'manakh.* 2015;(5(40)):54-60. (In Russ.)
28. Kamel MA, Miller FD, el Masry AG, *et al.* The epidemiology of Schistosoma mansoni, hepatitis B and hepatitis C infection in Egypt. *Ann Trop Med Parasitol.* 1994;88(5):501-509. doi: 10.1080/00034983.1994.11812897
29. Singh S, Kumar J, Singh R, Dwivedi SN. Hepatitis B and C viral infections in Indian Kala-Azar patients receiving injectable anti-leishmanial drugs: a community-based study. *Int J Infect Dis.* 2000;4(4):203-208. doi: 10.1016/s1201-9712(00)90110-3
30. Soboleva NV. [*The prevalence of hepatitis C virus among the apparently healthy population of the Russian Federation.*] Candidate of Biological Sciences thesis. I.I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Serum; 2020.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88
Оригинальная исследовательская статья

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

© Коллектив авторов, 2022
УДК 575.112:578.2:004.415

Check for updates

Оценка генетического разнообразия возбудителя норовирусной инфекции в пунктах временного размещения беженцев в Ростовской области в 2022 году с помощью онлайн-программы NoroNetRus

А.С. Водопьянов[1], Р.В. Писанов[1], С.О. Водопьянов[1], О.С. Чемисова[1], А.А. Герасименко[1], А.К. Носков[1], С.С. Слись[2], С.А. Ненадская[2], А.Д. Коренева[2], А.В. Коломойцева[2], Е.В. Ковалев[2], А.Р. Литовко[3], Н.В. Половинка[3]

[1] ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. М. Горького, д. 117/40, г. Ростов-на-Дону, 344002, Российская Федерация

[2] Управление Роспотребнадзора по Ростовской области, ул. 18-я линия, д. 17, г. Ростов-на-Дону, 344019, Российская Федерация,

[3] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» Роспотребнадзора, ул. 7-я линия, д. 67, г. Ростов-на-Дону, 344019, Российская Федерация

Резюме

Введение. Очевидно, что эффективное расследование вспышек норовирусной инфекции невозможно без методов, способных дифференцировать генотипы возбудителя, основным из которых является определение типа капсида и полимеразы на основе данных секвенирования. Однако в последнее время наблюдается неустойчивая работа международных сервисов по оценке геномов норовируса с ряда IP-адресов, находящихся в Российской Федерации, что может оказать влияние на оперативность расследования вспышек норовирусной инфекции в нашей стране.

Цель – разработка отечественного программного обеспечения для генотипирования норовирусов и оценка с его помощью генетического разнообразия возбудителя норовирусной инфекции, выявленного в 2022 году в Ростовской области.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили образцы фекалий от 210 больных с симптомами острых кишечных инфекций из пунктов временного размещения беженцев и детских организованных коллективов. Контингент обследуемых – пациенты в возрасте от 1 месяца до 74 лет с симптомами острых кишечных инфекций в 2022 г. Выявление РНК возбудителя норовирусной инфекции проводили с использованием набора реагентов «АмплиСенс® ОКИ скрин-FL» (Москва, Россия). Фрагментарное секвенирование проводили на геномном анализаторе SeqStudio (Thermo Fisher, США). Авторское программное обеспечение разрабатывали на языках программирования Java и Python.

Результаты. Создана отечественная программа NoroNetRus, позволяющая определять тип капсида и полимеразы норовируса исходя из данных секвенирования. Программа бесплатна и доступна в онлайн-формате по адресу: http://antiplague.ru/noronetrus. Проведенное фрагментарное секвенирование последовательностей гена VP1 для 25 образцов норовируса показало, что они принадлежали трем разным генотипам (GII.4 Sydney, GII.10 и GII.17), причем генотип GII.10, в свою очередь, распределился между двумя разными кластерами. Полученные данные свидетельствуют о существовании как минимум четырех различных источников инфицирования.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о циркуляции в 2022 году в Ростовской области как минимум четырех различных геновариантов возбудителя норовирусной инфекции.

Ключевые слова: норовирус, секвенирование, генотипирование, программное обеспечение.

Для цитирования: Водопьянов А.С., Писанов Р.В., Водопьянов С.О., Чемисова О.С., Герасименко А.А., Носков А.К., Слись С.С., Ненадская С.А., Коренева А.Д., Коломойцева А.В., Ковалев Е.В., Литовко А.Р., Половинка Н.В. Оценка генетического разнообразия возбудителя норовирусной инфекции в пунктах временного размещения беженцев в Ростовской области в 2022 году с помощью онлайн-программы NoroNetRus // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 82–88. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88

Сведения об авторах:

✉ **Водопьянов** Алексей Сергеевич – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: vodopyanov_as@antiplague.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9056-3231.

Писанов Руслан Вячеславович – к.м.н., заведующий лабораторией молекулярной биологии ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7178-8021.

Водопьянов Сергей Олегович – д.м.н., главный научный сотрудник лаборатории микробиологии холеры ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4336-0439.

Чемисова Ольга Сергеевна – к.б.н., заведующий лабораторией «Коллекция патогенных микроорганизмов» ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4059-2878.

Герасименко Артем Александрович – младший научный сотрудник лаборатории ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7700-3483.

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

Слись Сергей Сергеевич – главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2649-8949.

Ненадская Светлана Алексеевна – начальник отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4690-4713.

Коренева Анастасия Дмитриевна – главный специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1468-0997.

Коломойцева Алина Владимировна – ведущий специалист-эксперт отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6889-2418.

Ковалев Евгений Владимирович – руководитель Управления Роспотребнадзора по Ростовской области; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0840-4638.

Литовко Анна Радиковна – заведующий лабораторией вирусологических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области»; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1273-3565.

Половинка Нина Владимировна – заведующий отделом эпидемиологии и экспертизы ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области»; e-mail: master@donses.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5184-126X.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Носков А.К., Ковалев Е.В.*; сбор данных: *Чемисова О.С., Ненадская С.А., Коренева А.Д., Коломойцева А.В., Литовко А.Р., Половинка Н.В.*; проведение фрагментарного секвенирования: *Писанов Р.В., Герасименко А.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Писанов Р.В., Слись С.С., Ненадская С.А., Коренева А.Д., Коломойцева А.В.*; разработка программы NoroNetRus: *Водопьянов А.С., Герасименко А.А., Писанов Р.В.*; проведение валидации программы NoroNetRus: *Водопьянов С.О., Чемисова О.С., Писанов Р.В. Литовко А.Р.*; обзор литературы:

Original Research Article

Водопьянов С.О., Водопьянов А.С., Чемисова О.С.; подготовка проекта рукописи: *Водопьянов А.С., Водопьянов С.О., Носков А.К., Чемисова О.С., Ковалев Е.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.
Соблюдение этических стандартов: работа выполнялась в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Исследование проведено на основе добровольного информированного согласия в соответствии с ФЗ от 21.11.2001 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Протокол исследования одобрен Комиссией по биомедицинской этике ФКУЗ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора, протокол № 1 от 14 января 2022 г.
Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.
Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 06.07.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

Assessment of Genetic Diversity of Noroviruses Circulating in Temporary Accommodation Centers for Refugees in the Rostov Region in 2022 Using the NoroNetRus Online Software

Alexey S. Vodop'ianov,[1] Ruslan V. Pisanov,[1] Sergey O. Vodop'ianov,[1] Olga S. Chemisova,[1] Artem A. Gerasimenko,[1] Aleksey K. Noskov,[1] Sergey S. Slis,[1] Svetlana A. Nenadskaya,[2] Anastasia D. Koreneva,[2] Alina V. Kolomoitseva,[2] Evgeny V. Kovalev,[2] Anna R. Litovko,[3] Nina V. Polovinka[3]

[1] Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, 117/40 Maxim Gorky Street, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation

[2] Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 17, 18th Line Street, Rostov-on-Don, 344019, Russian Federation

[3] Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region, 67, 7th Line Street, Rostov-on-Don, 344019, Russian Federation

Summary
Introduction: It is obvious that effective investigation of norovirus outbreaks is impossible without the use of methods enabling differentiation of pathogen genotypes, the principal of which is the determination of the type of capsid and polymerase based on sequencing data. Yet, unstable operation of international services for assessment of norovirus genomes from a number of IP addresses located in the Russian Federation has been noted recently, which may affect the efficiency and promptness of investigation of norovirus outbreaks in our country.
Objective: To develop domestic software for genotyping of noroviruses and further assessment of genetic diversity of noroviruses identified in the year 2022 in the Rostov Region.
Materials and methods: The materials for the study were stool samples from 210 patients with symptoms of gastrointestinal infections from temporary accommodation centers for refugees and children's centers. The study population included patients aged 1 month to 74 years with symptoms of acute bowel infections. Detection of the pathogen RNA was carried out using a reagent kit AmpliSens® OKI screen-FL (Moscow, Russia). Fragment sequencing was performed using a genomic analyzer SeqStudio (Thermo Fisher, USA). The authors' software was developed in the Java and Python programming languages.
Results: We developed a domestic NoroNetRus software allowing determination of the type of capsid and polymerase of noroviruses based on sequencing data. The software is free of charge and available online at http://antiplague.ru/noronetrus. The fragment analysis of VP1 gene sequences for 25 norovirus samples showed that they belonged to three different genotypes (GII.4 Sydney, GII.10, and GII.17), and the genotype GII.10, in its turn, was distributed between two different clusters. Our findings indicate the existence of at least four different sources of infection.
Conclusion. The data obtained indicate the circulation of at least four different genovariants of the causative agent of norovirus infection in the Rostov Region in 2022.
Keywords: norovirus, sequencing, genotyping, software.

For citation: Vodop'ianov AS, Pisanov RV, Vodop'ianov SO, Chemisova OS, Gerasimenko AA, Noskov AK, Slis SS, Nenadskaya SA, Koreneva AD, Kolomoitseva AV, Kovalev EV, Litovko AR, Polovinka NV. Assessment of genetic diversity of noroviruses circulating in temporary accommodation centers for refugees in the Rostov Region in 2022 using the NoroNetRus online software. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):82–88. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88

Author information:
✉ Alexey S. **Vodop'ianov**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Molecular Biology, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: vodopyanov_as@antiplague.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9056-3231.
Ruslan V. **Pisanov**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Molecular Biology, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7178-8021.
Sergey O. **Vodop'ianov**, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Laboratory of Microbiology of Cholera, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4336-0439.
Olga S. **Chemisova**, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory "Collection of Pathogenic Microorganisms", Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4059-2878.
Artem A. **Gerasimenko**, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: plague@aaanet.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7700-3483.
Aleksey K. **Noskov**, Cand. Sci. (Med.), Director, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0550-2221.
Sergey S. **Slis**, Chief Specialist/Expert, Department of Epidemiological Surveillance, Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor); e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2649-8949.
Svetlana A. **Nenadskaya,** Head of the Department of Epidemiological Surveillance, Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor); e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4690-4713.
Anastasia D. **Koreneva**, Chief Specialist/Expert, Department of Epidemiological Surveillance, Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor); e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1468-0997.
Alina V. **Kolomoitseva**, Leading Specialist/Expert, Department of Epidemiological Surveillance, Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor); e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6889-2418.
Evgeny V. **Kovalev**, Head of the Rostov Regional Office of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor); e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0840-4638.
Anna R. **Litovko**, Head of the Virology Laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region; e-mail: master@61.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1273-3565.
Nina V. **Polovinka,** Head of the Department of Epidemiology and Expertise, Center for Hygiene and Epidemiology in the Rostov Region; e-mail: master@donses.ru; ORSID: https://orcid.org/0000-0002-5184-126X.

Author contributions: study conception and design: *Vodop'ianov A.S., Vodop'ianov S.O., Noskov A.K., Kovalev E.V.*; data collection: *Chemisova O.S., Nenadskaya S.A., Koreneva A.D., Kolomoitseva A.V., Litovko A.R., Polovinka N.V.*; fragment analysis: *Pisanov R.V., Gerasimenko A.A.*;

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88
Оригинальная исследовательская статья

analysis and interpretation of results: *Vodop'ianov A.S., Vodop'ianov S.O., Pisanov R.V., Slis S.S., Nenadskaya S.A., Koreneva A.D., Kolomoitseva A.V.*; development of the NoroNetRus software: *Vodop'ianov A.S., Gerasimenko A.A., Pisanov R.V.*; NoroNetRus validation: *Vodop'ianov S.O., Chemisova O.S., Pisanov R.V. Litovko A.R.*; literature review: *Vodop'ianov S.O., Vodop'ianov A.S., Chemisova O.S.*; draft manuscript preparation: *Vodop'ianov A.S., Vodop'ianov S.O., Noskov A.K., Chemisova O.S., Kovalev E.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: The research was carried out in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. Written informed consent to participate in the study was obtained from the subjects in compliance with Federal Law No. 323-FZ of November 21, 2001 "On the fundamentals of health protection in citizens of the Russian Federation". The study design was approved by the Local Ethics Committee of the Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, Minutes No. 1 of January 14, 2022.
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: July 7, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. Норовирус является одной из ведущих причин острого небактериального эпидемического гастроэнтерита во всем мире, поскольку имеет несколько путей передачи и высокую устойчивость к дезинфицирующим средствам [1, 2]. Ежегодно в мире фиксируется миллиард случаев этой инфекции, среди которых 200 000 со смертельным исходом[1]. В 2020 г. в Российской Федерации зарегистрировано 103 очага групповой заболеваемости НВИ с общим числом пострадавших 1480 человек (в 2019 г. – 215 и 2705 соответственно)[2].

Немаловажно, что смена или появление нового генотипа норовируса приводит к росту как спорадической, так и групповой заболеваемости вплоть до возникновения новых эпидемических вариантов вируса, склонных к быстрому распространению [3–5]. Норовирусы представляют собой группу генетически разнообразных, одноцепочечных РНК-вирусов. Род *Norovirus* относится к семейству *Caliciviridae* и содержит только один вид: вирус Norwalk.

В 2013 г. международная рабочая группа по классификации норовирусов предложила универсальную номенклатуру обозначения генотипа, включающую определение типа капсида (G-тип) и полимеразы (P-тип) [6]. Согласно современной классификации норовирусы подразделяются на десять геногрупп (GI-GVI) и 48 генотипов. Из этих семи геногрупп только GI, GII и GIV содержат человеческие норовирусы, причем вторая геногруппа (GII) встречается в 10 раз чаще [7]. Существует восемь генотипов капсида, принадлежащих GI, и 21, принадлежащий GII. С 2001 г. большинство вспышек во всем мире вызвано вирусами GII.4, хотя периодически появляются другие генотипы, такие как GII.17 и GII.2 [1].

Очевидно, что эффективное расследование вспышек норовирусной инфекции невозможно без методов, способных дифференцировать генотипы возбудителя, что может быть полезным при выявлении связей между отдельными очагами инфекции и путей передачи возбудителя.

Одним из наиболее широко распространенных подходов для оценки получаемых данных является использование онлайн программы Norovirus Genotyping tool, позволяющей быстро определять G и P тип вируса, исходя из данных секвенирования. Программа рассчитана на работу в режиме онлайн и расположена на сервере Национального института общественного здравоохранения и окружающей среды (Нидерланды) (http://www.rivm.nl/mpf/norovirus/typingtool). Аналогичный сервис представлен на сайте Centers for Disease Control and Prevention (США) (https://norovirus.ng.philab.cdc.gov/bctyping.html). Однако в последнее время наблюдается неустойчивая работа указанных сервисов и их периодическая недоступность с ряда IP-адресов, находящихся в Российской Федерации, что может оказать влияние на оперативность расследования вспышек НВИ в нашей стране. Помимо этого, одной из целей Указа Президента от 7 мая 2018 г. № 204[3] «О национальных целях и стратегических задачах...» является использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями.

В связи с этим **цель** настоящего исследования состояла в разработке отечественного программного обеспечения для генотипирования норовирусов и оценке с его помощью генетического разнообразия возбудителя норовирусной инфекции, выявленного в 2022 г. в Ростовской области.

Материалы и методы. Контингент обследуемых – пациенты в возрасте от 1 месяца до 74 лет с симптомами острых кишечных инфекций (ОКИ) в 2022 г. Материалом для исследования послужили образцы фекалий от 210 больных с симптомами ОКИ из пунктов временного размещения беженцев и детских организованных коллективов. Все пациенты и их законные представители подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Выявление РНК возбудителя норовирусной инфекции проводили с использованием набора реагентов «АмплиСенс® ОКИ скрин-FL» (Москва, Россия). Фрагментарное секвенирование проводили на геномном анализаторе SeqStudio (Thermo Fisher, США) с использованием праймеров, предложенных Cannon JL (2017).

Геномные последовательности возбудителя норовирусной инфекции для определения генотипов и создания собственного программного обеспечения получали из базы данных NCBI. Для сравнительного анализа геномов норовируса использовали программу Mega [8]. Для построения дендрограммы применяли алгоритм UPGMA. Авторское программное обеспечение разрабатывали на языках программирования Java и Python. Для выравнивания нуклеотидных последовательностей в рамках создаваемого программного обеспечения использовали модуль Scikit [9].

Результаты. Первый этап работы состоял в составлении локальной базы данных референсных последовательностей. С этой целью были

[1] МУ 3.1.1.2969–11 «Эпидемиологический надзор, лабораторная диагностика и профилактика норовирусной инфекции»: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 36 с.
[2] Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18266 (дата обращения: 10.04.2022).
[3] Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/71937200/ (дата обращения: 10.04.2022).

использованы обновленные данные по классификации норовирусов, предложенные Chhabra P и соавт. [10]. Для этого из базы данных NCBI были получены геномы норовируса каждого G и P типа, и после их выравнивания получены последовательности генов VP1 и RdPr.

Согласно предлагаемому нами алгоритму, каждая анализируемая последовательность норовируса поочередно выравнивается с помощью локального выравнивания по алгоритму Смитта – Ватермана с аффинными штрафами за вставки и делеции с каждой последовательностью из созданной локальной базы данных. В качестве критерия оценки используется количество совпавших нуклеотидов, что позволяет определить наиболее близкородственную референсную последовательность. Соответственно, поочередное проведение выравнивания с последовательностями генов капсида (VP1) и полимеразы (RdPr) позволяет определить G и P тип анализируемого норовируса.

С этой целью на языке программирования Python нами разработана программа NoroNetRus, предназначенная для работы в онлайн-формате, и расположена на сайте института по адресу: http://antiplague.ru/noronetrus. Внешний вид программы представлен на рис. 1.

Программа имеет интуитивно-понятный интерфейс, предназначена для работы через любой браузер с поддержкой JavaScript. В качестве входных данных используется fasta-файл, содержащий данные фрагментарного секвенирования норовируса. Время на анализ одной последовательности составляет от 0,5 до 3 секунд. Итогом работы программы являются типы генов VP1 и RdPr, например «Vp1: GII.17, RdRp: GII.P3».

Для валидации работы программы из базы данных NCBI нами были скачаны 100 случайных геномов норовируса и проведена виртуальная ПЦР *in silico* с праймерами, захватывающими фрагмент обоих генов [11]. Полученные ампликоны (фрагменты ДНК, ограниченные праймерами) были поочередно проверены в программах NoroNet (Нидерланды) и разработанной нами NoroNetRus.

По итогам валидации программа NoroNetRus на первом этапе определила G и P тип для всех последовательностей, в то время как алгоритм NoroNet (Нидерланды) не определил тип вируса для 8 последовательностей. В оставшихся 92 последовательностях обнаружено всего одно несоответствие – тип полимеразы в геноме вируса, депонированном в NCBI под номером KY424345, разработанная нами программа определила как GII.P7, в то время как программа NoroNet определила тип как GII.P6. Важным преимуществом является невозможность определения субтипов варианта капсида GII.4 при использовании программы NoroNet, что ограничивает возможности валидации. В то же время разработанная нами программа NoroNetRus успешно решает эту задачу.

При обследовании 210 пациентов с симптомами ОКИ в марте 2022 г. нами было выявлено 110 положительных проб, содержащих РНК норовируса в пяти эпидемических очагах. Два очага сформировались в пунктах временного размещения беженцев (ПВР-1 и ПВР-2), прибывших на территорию Ростовской области из Донецкой и Луганской народных республик. В этот же период было выявлено еще три очага в детских образовательных учреждениях (ДОУ) г. Ростова-на-Дону и г. Батайска. Для оценки генетического разнообразия нами проведено фрагментарное секвенирование участка гена VP1 (основной белок капсида) у 25 изолятов вируса.

Использование разработанной нами программы NoroNetRus позволило установить тип капсида для всех 25 образцов (таблица).

Обращает на себя внимание, что в ряде очагов циркулировали изоляты вируса, принадлежащие к одному генотипу: так, в ДОУ-А и ПВР-1 выявлена циркуляция генотипа GII.4 Sydney, а в ДОУ-Б – генотипа GII.10. В то же время в двух других очагах наблюдалась одновременная циркуляция сразу нескольких генотипов: в ДОУ-В выявлены генотипы GII.4 Sydney и GII.17, а в ПВР-2 – GII.4 Sydney и GII.10.

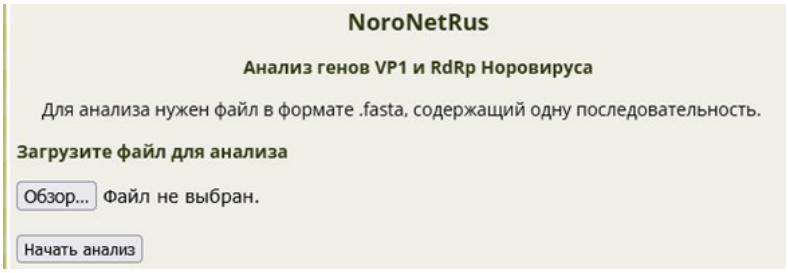

Рис. 1. Внешний вид стартового окна программы NoroNetRus
Fig. 1. The start window of the NoroNetRus software

Таблица. **Генотипы изученных изолятов норовируса**
Table. **Genotypes of the norovirus isolates studied**

Очаг / Focus	Количество изолятов с каждым типом капсида (ген VP1) / Number of isolates with each capsid type (VP1 gene)		
	GII.4 Sydney	GII.10	GII.17
ДОУ-А, г. Батайск / Children's Center A, Bataysk	10		
ДОУ-Б, г. Батайск / Children's Center B, Bataysk		3	
ДОУ-В, г. Ростов-на-Дону / Children's Center C, Rostov-on-Don	1		1
ПВР-1 / Refugee Center 1	6		
ПВР-2 / Refugee Center 2	2	2	

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88
Оригинальная исследовательская статья

Для анализа мирового распространения норовируса из базы данных NCBI были получены 5947 последовательностей гена VP1 различных штаммов и с помощью разработанного нами программного обеспечения определен их генотип (рис. 2). Установлено, что наиболее распространенным в мире явился генотип GII.4 Sydney, к которому отнесено 17 % всех последовательностей. В России доминирующим явился генотип GII.3 (22 %), в то время как GII.4 Sydney занимает 4-е место по частоте встречаемости (12 %). За последние 5 лет выделение штаммов данного генотипа в России зарегистрировано в Новосибирске и Нижнем Новгороде.

Частота встречаемости генотипа GII.10 составила 0,02 % для мировой коллекции и 0,04 % – для России. За последние годы выделение штаммов GII.10 зарегистрировано в Испании (2019–2020 гг.) и Эфиопии (2016 г.). В России данный вариант выделялся в Челябинске в 2005 г.

Обсуждение. Норовирусы генотипа GII.17, по данным литературы, явились причиной вспышек в Хабаровском крае в 2015 г. и Амурской области в 2018 г. [12]. Интересно отметить, что норовирус GII.17 стал доминирующим генотипом в Осаке (Япония) [13], Южной Корее [14], Канаде [15], Италии [16], заменив генотип GII.4.

Вместе с тем на ряде территорий регистрируется одновременная циркуляция большого числа генотипов норовируса. Так, в Ботсване в период 2013–2015 гг., несмотря на доминирование генотипа GII.4, наблюдалось выделение минорных генотипов GII.2, GII.12, GI.9, GII.6, GII.10 [17]. Сходная ситуация наблюдалась в Эфиопии [18], Корее [19], ЮАР [20], Канаде [21].

Интересно, что отдельные вспышки, как правило, вызываются одним типом норовируса. Так, например, водная вспышка в г. Хабаровске в 2019 году была вызвана генотипом GII.P7-GII.6 [22]. Вспышка НВИ, ассоциированная с употреблением мороженного, инфекции в Бразилии в 2020 году была вызвана генотипом GII.12 [23]. Это позволяет использовать генотипирование в качестве удобного инструмента для выявления источника заражения, что и было с успехом продемонстрировано в Китае в 2017 году – проведенный анализ показал, что развитие вспышки норовируса GII.P17-GII.17 было связано с системой водоснабжения [24].

Для более точного анализа проведено выравнивание полученных фрагментов гена VP1 и построена дендрограмма, отражающая степень генетической близости между изучаемыми изолятами (рис. 3). К сожалению, в базе данных NCBI отсутствуют последовательности вируса, выделенные в Южном федеральном округе России и на Украине, что ограничивает возможности проведения анализа. При добавлении в перечень последовательностей штаммов из сопредельных государств наиболее генетически близкородственными оказались последовательности вируса, выделенного в Республике Беларусь в 2021 г. (данные не представлены).

Обращает на себя внимание, что по данным дендрограммы штаммы норовируса генотипа GII.10 образуют два разных кластера: в один кластер попали варианты вируса из ДОУ-Б, в другой – из ПВР-2. При проведении выравнивания нуклеотидных последовательностей 4774 (ПВР-2) и Е1604 (ДОУ-Б) выявлено сходство 89,7 %, при этом между собой последовательности 4774 и 4779 совпадали на 100 %. Примечательно, что поиск с использованием алгоритма BLAST не нашел близкородственных штаммов для вирусов из ПВР-2, что может свидетельствовать о новом подтипе GII.10, не включенном в существующую международную классификацию.

Аналогичная гетерогенность внутри одного генотипа была показана ранее на примере норовируса GII.17. Так, было показано, что данный генотип можно разделить на четыре различные клады [25]. В последующем было установлено, что скорость эволюции гена VP1 норовируса генотипа составляет $1{,}14 \times 10^{-3}$ нуклеотидных замен/год [26].

Исследованные нами варианты норовируса GII.4 Sydney образовали единую группу, имея не более 0,5 % отличий друг от друга.

Заключение. Таким образом, в ходе проведенной работы был создан набор референсных последовательностей генов VP1 и RdPr норовируса второй геногруппы. Разработан алгоритм анализа данных секвенирования возбудителя норовирусной инфекции и создана отечественная программа NoroNetRus, позволяющая определять тип капсида и полимеразы норовируса, исходя из данных секвенирования. Программа бесплатна

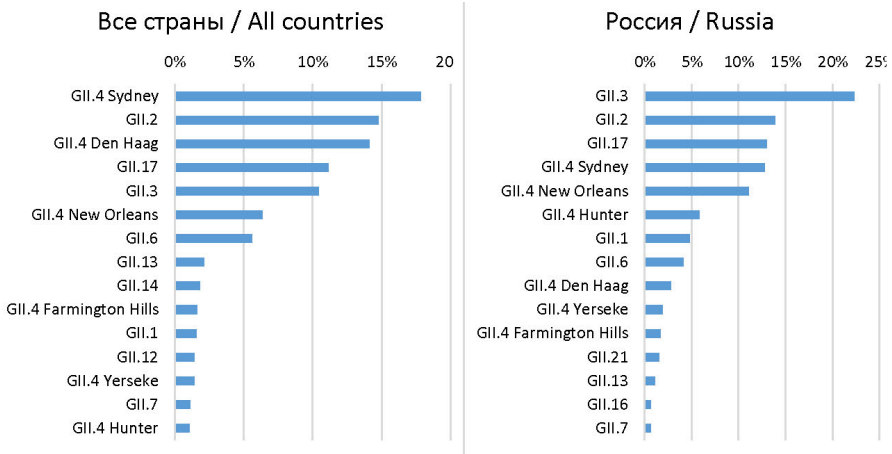

Рис. 2. Частота обнаружения различных генотипов в мире и в России (указаны первые 15 самых частых генотипов)
Fig. 2. Frequency of detection of 15 most frequent norovirus genotypes in the world and in Russia

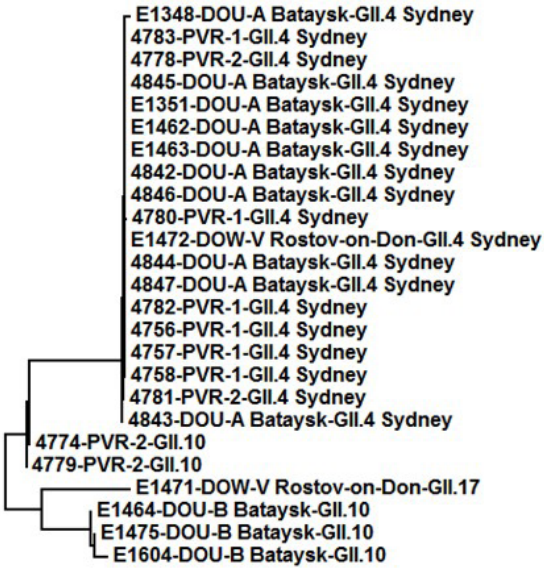

Рис. 3. Дендрограмма, построенная на основе выравнивания фрагментов гена VP1. Для каждого изолята указаны номер, место выделения и генотип (алгоритм Neighbor Joining)
Примечание: PVR – пункт временного размещения беженцев; DOU – детский центр.

Fig. 3. Dendrogram based on alignment of VP1 gene fragments. For each isolate, the number, place of isolation, and genotype are shown (Neighbor Joining algorithm)
Notes: PVR – a temporary accommodation center for refugees; DOU – a children's center.

и доступна в онлайн-формате по адресу: http://antiplague.ru/noronetrus.

Проведена валидация работы программы с использованием 100 случайных последовательностей из базы данных NCBI, подтвердившая корректность проводимого анализа.

Было проведено фрагментарное секвенирование последовательностей гена VP1 для 25 образцов норовируса, выделенных в марте 2022 г. из пунктов временного размещения беженцев и детских образовательных учреждений (ДОУ) г. Ростова-на-Дону и г. Батайска. Показано, что они принадлежали к трем разным генотипам (GII.4 Sydney, GII.10 и GII.17), причем генотип GII.10, в свою очередь, распределился между двумя разными кластерами. Полученные данные свидетельствуют о существовании как минимум четырех различных источников инфицирования.

Список литературы / References

1. Pires SM, Fischer-Walker CL, Lanata CF, *et al.* Aetiology-specific estimates of the global and regional incidence and mortality of diarrhoeal diseases commonly transmitted through food. *PLoS One*. 2015;10(12):e0142927. doi: 10.1371/journal.pone.0142927
2. Бутакова Л.В., Сапега Е.Ю., Троценко О.Е. и др. Генотипы норовирусов, обусловившие заболеваемость острыми кишечными инфекциями в Хабаровском крае // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 7. С. 52–56.
2. Butakova LV, Sapega EYu, Trotsenko OE, *et al.* Norovirus genotypes that caused cases of acute gastroenteritis in the Khabarovsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(7(304)):52-56. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/3018-304-7-52-56
3. Medici MC, Tummolo F, De Grazia S, *et al.* Epidemiological dynamics of norovirus GII.4 variant New Orleans 2009. *J Gen Virol*. 2015;96(9):2919-2927. doi: 10.1099/vir.0.000204
4. Chong PP, Atmar RL. Norovirus in health care and implications for the immunocompromised host. *Curr Opin Infect Dis*. 2019;32(4):348-355. doi: 10.1097/QCO.0000000000000557
5. Kwok K, Niendorf S, Lee N, *et al.* Increased detection of emergent recombinant norovirus GII.P16-GII.2 strains in young adults, Hong Kong, China, 2016–2017. *Emerg Infect Dis*. 2017;23(11):1852-1855. doi: 10.3201/eid2311.170561
6. Сапега Е.Ю., Бутакова Л.В., Троценко О.Е. и др. Эпидемиологические аспекты норовирусной инфекции на современном этапе // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2021. Т. 40. № 40. С. 72–78.
6. Sapega EYu, Butakova LV, Trotsenko OE, Zaitseva TA, Kurganova OP, Kopilov PV. Current epidemiological aspects of norovirus infection. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2021;40(40):72-78. (In Russ.)
7. Хохлова Н.И., Капустин Д.В., Краснова Е.И., Извекова И.Я. Норовирусная инфекция (обзор литературы) // Журнал инфектологии. 2018. Т. 10. № 1. С. 5–14. doi: 10.22625/2072-6732-2018-10-1-5-14
7. Khokhlova NI, Kapustin DV, Krasnova EI, Izvekova IYa. Norovirus infection (systematic review). *Zhurnal Infektologii*. 2018;10(1):5-14. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2018-10-1-5-14
8. Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Biol Evol*. 2011;28(10):2731-2739. doi: 10.1093/molbev/msr121
9. Pedregosa F, Varoquaux G, Gramfort A, *et al.* Scikit-learn: machine learning in Python. *J Mach Learn Res*. 2011;12(85):2825-2830.
10. Chhabra P, de Graaf M, Parra GI, *et al.* Updated classification of norovirus genogroups and genotypes. *J Gen Virol*. 2019;100(10):1393-1406. doi: 10.1099/jgv.0.001318
11. Cannon JL, Barclay L, Collins NR, *et al.* Genetic and epidemiologic trends of norovirus outbreaks in the United States from 2013 to 2016 demonstrated emergence of novel GII.4 recombinant viruses. *J Clin Microbiol*. 2017;55(7):2208-2221. doi: 10.1128/JCM.00455-17
12. Сапега Е.Ю., Бутакова Л.В., Троценко О.Е., Зайцева Т.А., Курганова О.П., Копылов П.В. Заболеваемость острыми кишечными инфекциями, вызванными вирусными возбудителями, в субъектах Дальневосточного федерального округа //

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-82-88
Оригинальная исследовательская статья

Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2021. Т. 41. № 41. С. 36–43.
12. Sapega EYu, Butakova LV, Trotsenko OE, Zaitseva TA, Kurganova OP, Kopilov PV. Acute gastrointestinal infections caused by viral pathogens in constituent entities of the Far Eastern Federal District. *Dal'nevostochnyy Zhurnal Infektsionnoy Patologii*. 2021;41(41):36-43. (In Russ.)
13. Iritani N, Yamamoto SP, Abe N, *et al*. GII.17 norovirus infections in outbreaks of acute nonbacterial gastroenteritis in Osaka City, Japan during two decades. *J Med Virol*. 2019;91(12):2101-2107. doi: 10.1002/jmv.25560
14. Kim H, Won YJ, Kang LH, *et al*. Complete sequence analysis of human norovirus GII.17 detected in South Korea. *Epidemiol Infect*. 2019;147:e203. doi: 10.1017/S0950268819000943
15. LeBlanc JJ, Pettipas J, Gaston D, *et al*. Outbreak of norovirus GII.P17-GII.17 in the Canadian Province of Nova Scotia. *Can J Infect Dis Med Microbiol*. 2016;2016:1280247. doi: 10.1155/2016/1280247
16. Giammanco GM, De Grazia S, Bonura F, *et al*. Norovirus GII.17 as major epidemic strain in Italy, winter 2015–16. *Emerg Infect Dis*. 2017;23(7):1206-1208. doi: 10.3201/eid2307.161255
17. Makhaola K, Moyo S, Lechiile K, Goldfarb DM, Kebaabetswe LP. Genetic and epidemiological analysis of norovirus from children with gastroenteritis in Botswana, 2013–2015. *BMC Infect Dis*. 2018;18(1):246. doi: 10.1186/s12879-018-3157-y
18. Gelaw A, Pietsch C, Mann P, Liebert UG. Molecular detection and characterisation of sapoviruses and noroviruses in outpatient children with diarrhoea in Northwest Ethiopia. *Epidemiol Infect*. 2019;147:e218. doi: 10.1017/S0950268819001031
19. Lee S, Jang J, Bae K, Lee W, Chung H, Park S. Prevalence of human Norovirus by genotype in contaminated groundwater in Korea over the last decade (2007–2016). *J Microbiol*. 2018;56(12):926-931. doi: 10.1007/s12275-018-8340-8
20. Mabasa VV, Meno KD, Taylor MB, Mans J. Environmental surveillance for noroviruses in selected South African wastewaters 2015–2016: Emergence of the novel GII.17. *Food Environ Virol*. 2018;10(1):16-28. doi: 10.1007/s12560-017-9316-2
21. Hasing ME, Lee BE, Qiu Y, *et al*. Changes in norovirus genotype diversity in gastroenteritis outbreaks in Alberta, Canada: 2012–2018. *BMC Infect Dis*. 2019;19(1):177. doi: 10.1186/s12879-019-3792-y
22. Бутакова Л.В., Сапега Е.Ю., Троценко О.Е., Зайцева Т.А., Каравянская Т.Н., Лебедева Л.А. Водная вспышка острой кишечной инфекции, обусловленная рекомбинантным норовирусом генотипа GII.P7-GII.6, в городе Хабаровске в 2019 году // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 6 (327). С. 50–54. doi: 10.35627/2219-5238/2020-327-6-50-54
22. Butakova LV, Sapega EYu, Trotsenko OE, Zaytseva TA, Karavyanskaya TN, Lebedeva LA. Waterborne outbreak of acute gastroenteritis caused by recombinant norovirus GII.P7-GII.6 in Khabarovsk in 2019. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(6(327)):50-54. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-327-6-50-54
23. Fumian TM, Ferreira FC, de Andrade JDSR, *et al*. Norovirus foodborne outbreak associated with the consumption of ice pop, Southern Brazil, 2020. *Food Environ Virol*. 2021;13(4):553-559. doi: 10.1007/s12560-021-09495-9
24. Zhou X, Kong DG, Li J, *et al*. An outbreak of gastroenteritis associated with GII.17 norovirus-contaminated secondary water supply system in Wuhan, China, 2017. *Food Environ Virol*. 2019;11(2):126-137. doi: 10.1007/s12560-019-09371-7
25. Sang S, Yang X. Evolutionary dynamics of GII.17 norovirus. *PeerJ*. 2018;6:e4333. doi: 10.7717/peerj.4333
26. Chen C, Wu B, Zhang H, *et al*. Molecular evolution of GII.P17-GII.17 norovirus associated with sporadic acute gastroenteritis cases during 2013–2018 in Zhoushan Islands, China. *Virus Genes*. 2020;56(3):279-287. doi: 10.1007/s11262-020-01744-6

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.7:574.2

Состояние и структура сообществ макрозообентоса р. Усмани по материалам экспедиционного обследования 2021 г.

А.Е. Силина[1], Л.В. Молоканова[2], О.В. Клепиков[2,3]

[1] ФГБУ «Заповедник "Белогорье"», пер. Монастырский, д. 3, пос. Борисовка, Белгородская обл., 309342, Российская Федерация

[2] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», пр. Революции, д. 19, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

[3] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ул. Космонавтов, д. 21, г. Воронеж, 394038, Российская Федерация

Резюме

Введение. Для малых рек мониторинг, проводимый ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», является недостаточным вследствие ограниченности числа точек отбора проб воды и оценки ее качества только по ряду приоритетных химических и микробиологических показателей.

Целью исследования являлась оценка состояния и структуры сообществ макрозообентоса реки Усмани в условиях локальных антропогенных загрязнений.

Материалы и методы. Анализ показателей качества воды реки включал оценку санитарно-химических показателей лабораторными методами исследования. Обследования макрозообентоса реки проводилось в рамках экспедиционного исследования в сентябре – октябре 2021 г. Анализировалась доминантно-информационная структура донных сообществ от верховья до устья реки, после маловодья и загрязнения верховья реки промышленно-бытовыми стоками в зимний период 2020/2021 гг.

Результаты. Выявлены основные типы и виды сообществ, выделены доминантные комплексы видов, проанализированы показатели информационной структуры.

Заключение. Результаты исследования подтверждают серьезное деструктивное влияние сбросов органического происхождения ООО «Овощи Черноземья» и Водоканала г. Усмань на формирование донных сообществ реки, где, по сравнению с фоновым створом, у с. Красного, происходит смена типов сообществ и многократное снижение видового разнообразия, численности, биомассы, устойчивости, подавление информационного разнообразия и «скачок» энтропии, свидетельствующий либо о деградации, либо о периоде перестройки сообщества.

Ключевые слова: мониторинг, макрозообентос, численность, биомасса, структура, доминирование, устойчивость, энтропия.

Для цитирования: Силина А.Е., Молоканова Л.В., Клепиков О.В. Состояние и структура сообществ макрозообентоса р. Усмани по материалам экспедиционного обследования 2021 г. // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 11. С. 89–99. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99

Сведения об авторах:

✉ **Силина** Алла Евгеньевна – старший научный сотрудник ФГБУ «Заповедник Белогорье»; e-mail: allasilina@list.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3106-0589.

Молоканова Лариса Витальевна – к.б.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; e-mail: larisa280272@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6267-6028.

Клепиков Олег Владимирович – д.б.н., профессор, профессор кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; программист отделения статистики организационно-методического отдела ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9228-620X.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования, сбор данных, подготовка рукописи: *Силина А.Е.*; анализ и интерпретация результатов: *Силина А.Е.; Молоканова Л.В., Клепиков О.В.*; обзор литературы: *Клепиков О.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Благодарности: большую помощь в организации экспедиций и отборе проб макрозообентоса оказали А.В. Тараканов и Е.В. Желтуха, которым авторы выражают свою глубокую благодарность.

Статья получена: 15.08.22 / Принята к публикации: 03.11.22 / Опубликована: 29.11.22

The State and Structure of Macrozoobenthos Communities of the Usman River according to the Materials of the 2021 Expeditionary Survey

Alla E. Silina,[1] Larisa V. Molokanova,[2] Oleg V. Klepikov[2,3]

[1] Belogorye Nature Reserve, 3 Monastyrsky Lane, Borisovka Village, Belgorod Region, 309342, Russian Federation

[2] Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolution Avenue, Voronezh, 394036, Russian Federation

[3] Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region, 21 Kosmonavtov Street, Voronezh, 394038, Russian Federation

Summary

Background: For small rivers, the monitoring carried out by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region is insufficient due to the limited number of water sampling points and the assessment of its quality only by a number of priority chemical and microbiological indicators.

Objective: To assess the state and structure of macrozoobenthos communities of the Usman River affected by local anthropogenic contamination.

Materials and methods: The analysis of the river water quality included testing of safety and chemical indicators by laboratory research methods. Surveys of the macrozoobenthos of the river were conducted as part of the research expedition in September–October 2021. The dominant information structure of bottom communities from the upper reaches to the mouth of the river was analyzed, after low water and pollution of the upper reaches of the river by industrial and household effluents

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99
Оригинальная исследовательская статья

in the 2020/2021 winter period. We established the main types of communities, identified dominant species, and analyzed indicators of the information structure.
Results: Our findings confirm a strong destructive effect of organic discharges of "Ovoschi Chernozemya" LLC [Vegetables of the Black Earth Region] and "Vodokanal" wastewater service of the town of Usman on the bottom communities of the river, where, in comparison with the background, near the village of Krasnoe, we observed a change of community types and a multiple decrease in species diversity, abundance, biomass, stability, suppression of information diversity, and "jump" in entropy, indicating either degradation or a period of community restructuring.
Keywords: monitoring, macrozoobenthos, abundance, biomass, structure, dominance, stability, entropy.

For citation: Silina AE, Molokanova LV, Klepikov OV. The state and structure of macrozoobenthos communities of the Usman River according to the materials of the 2021 expeditionary survey. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(11):89–99. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99

Author information:
✉ Alla E. **Silina**, Senior Researcher, Belogorye Nature Reserve; e-mail: allasilina@list.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3106-0589.
Larisa V. **Molokanova**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Industrial Ecology, Equipment of Chemical and Petrochemical Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies; e-mail: larisa280272@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6267-6028.
Oleg V. **Klepikov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Department of Industrial Ecology, Equipment of Chemical and Petrochemical Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies; Programmer, Division of Statistics, Organizational and Methodological Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9228-620X.
Author contributions: study conception and design, data collection, draft manuscript preparation: *Silina A.E.*; analysis and interpretation of results: *Silina A.E., Molokanova L.V., Klepikov O.V.*; literature review: *Klepikov O.V*. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.
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.
Acknowledgements: The authors would like to express their deepest gratitude to Andrey V. Tarakanov and Evgeniy V. Zheltukha for invaluable support in organizing expeditions and sampling macrozoobenthos.
Received: August 15, 2022 / Accepted: November 3, 2022 / Published: November 29, 2022

Введение. В последние десятилетия на малых реках лесостепной и степной зон наблюдаются прогрессирующее снижение водности и существенные изменения гидрологического и гидрохимического режимов [1], что обусловливает деградационные и иные трансформации состава и структуры сообществ гидробионтов. Малые реки Воронежской области часто используются населением в качестве мест рекреационного водопользования, что требует проведения регулярных мониторинговых исследований их состояния. Гидрохимический мониторинг не может в полной мере оценить качество воды, что требует обязательного исследования отдельных групп гидробионтов [2]. Анализ структуры зооценозов водных беспозвоночных, в частности сообществ макрозообентоса, позволяют делать заключение о качестве воды и состоянии водной экосистемы.

Малая река Усмань Воронежской области является объектом рыбохозяйственного значения и местом рекреационного водопользования. Вместе с тем мониторинг качества воды, проводимый ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ориентирован только на места массового рекреационного водопользования в летний период и является недостаточным вследствие ограниченности числа точек отбора проб воды и оценки ее качества только по ряду приоритетных химических и микробиологических показателей [3].

После низкого паводка и засушливого вегетационного периода 2020 г. гидрологический режим верховья р. Усмани существенно изменился за счет снижения водности, что проявилось в обмелении плесов и сужении перекатов реки. При этом режим стоков в верховье от промышленных и промбытовых предприятий («Овощи Черноземья» и Водоканал г. Усмань на территории Липецкой области) остался прежним, что обусловило тяжелую, а на территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова – катастрофическую экологическую ситуацию. В результате в течение зимнего периода 2020–2021 гг. в верховье реки (на заповедной территории) зафиксированы массовые заморы рыб, последующее гниение которых приводило ухудшению санитарно-гигиенических и гидрохимических показателей, изменяя среду обитания основных групп гидробионтов. В связи с этим в конце вегетационного периода 2021 г. нами было предпринято экспедиционное обследование р. Усмани от верховья до устья с целью выявления состояния и структуры донных сообществ беспозвоночных (макрозообентос), играющих большую роль в процессах самоочищения водотока и являющихся основой кормовой базы карповых и некоторых мелких хищных видов рыб.

Цель: оценка состояния и структуры сообществ макрозообентоса р. Усмани в условиях локальных антропогенных загрязнений.

Объект и методы исследований. Объектом исследования является макрозообентос р. Усмани. Река Усмань – малая река длиной 151 км, левобережный приток р. Воронеж Донского речного бассейна, протекающая по территории Липецкой (Усманский район) и Воронежской областей (Новоусманский и Рамонский районы) Центрального Черноземья России. Исток реки расположен у с. Чернички [4]. Ниже г. Усмань река пересекает Усманский бор и протекает на территории Воронежского государственного заповедника им. В.М. Пескова. Затем ее течение проходит по густонаселенной и безлесной территории (около 50 км) и в нижнем течении вновь на территории Усманского бора в зоне баз отдыха и биологической учебно-научной базы Воронежского госуниверситета [1]. Река является памятником природы федерального значения.

Анализ показателей качества воды проводили по аттестованным методикам: pH – потенциометрическим методом; общую минерализацию (сухой остаток) определяли весовым методом; биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$), жесткость, содержание Cl^- – титриметрическим; химическое потребление кислорода (ХПК), PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+, содержание железа ($Fe_{общ}$) – фотометрическим; Ca^{2+}, Mg^{2+} – спектрометрическим (атомно-абсорбционный спектрофотометр «Квант-2»). Полученные результаты сравнивались с предельно допустимыми концентрациями веществ.

Все компоненты в пробах определялись раздельно в соответствии с известными методиками.

Экспедиционные обследования макрозообентоса реки проводили в 7 пунктах в сентябре – октябре 2021 г. в верховье реки (в окр. с. Красное, в пунктах выше и ниже сброса ООО «Овощи Черноземья», в пунктах выше и ниже сброса «Липецкоблводоканала», в окр. с. Песковатка – с. Новоуглянец (выше северной границы заповедника)), в среднем течении (в окр. с. Малая Приваловка, ниже южной границы заповедника) и в нижнем течении (Веневитинский кордон в окрестности пос. Маклок и приустьевой участок близ Рамони).

Отбор количественных проб макрозообентоса осуществлялся ковшевым дночерпателем с охватом донной поверхности 1/40 м^2, по 2 черпания на 1 пробу. Пробы отбирали в наиболее типичных биоценозах исследуемых участков реки (всего 26 количественных проб). При анализе структуры зообентосных сообществ рассчитывались показатели численности (в экз. на 1 м^2) и биомассы (в г на 1 м^2) в каждом пункте. Типы сообществ выделялись по доминирующей либо двум содоминирующим значимым систематическим либо морфоэкологическим группам: тип «Моллюски» (Mollusca) – сообщества моллюсочного типа; группа «Черви» (Vermes), включающая представителей 3 типов, в рамках нашего исследования – представителей типа Кольчатых червей (олигохет и пиявок) и типа Плоских червей (турбеллярии) – сообщества вермоидного типа; класс «Насекомые» (Insecta) – инсектарного типа, класс «Ракообразные» (Crustacea) – крустацейного. Для выявления вида сообществ (в рамках их выделенных типов) проводилось ранжирование видов беспозвоночных по индексу плотности *p*, который часто применяется для анализа структуры бентосных сообществ [5]. При описании структуры различных видов сообществ применялись индексы Шеннона и их производные (показатель выравненности, концентрации численности и биомассы, устойчивости сообществ [6], а также энтропийный показатель фон Форстера и индекс видового разнообразия Маргалефа – показатели информативно себя зарекомендовавшие в оценке состояния и структуры сообществ макрозообентоса [7, 8].

Результаты. Гидрохимические исследования проводились на территории ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова» в течение двух лет с 2020 по 2021 г. В табл. 1 приведены значения определяемых показателей в пробах.

Ухудшение качества воды по гидрохимическим показателям в 2021 г. было вызвано сбросом в р. Усмань сточных вод рядом предприятий. В начале декабря 2020 г. в верховье реки на территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова было зафиксировано начало массового замора рыб, который наблюдался до весны 2021 г. По сообщению сотрудников заповедника, превышение нормативов гидрохимических показателей в начале марта составляло: по нефтепродуктам – в 12 раз, сульфатам – в 1,2, аммонийному азоту – 27, фосфатам – 60, концентрация кислорода снизилась в 3,7 раза по сравнению с нормативом (www.1tv.ru/news/2021-03-11/402961). Выяснилось, что, кроме регулярных сбросов «Липецкоблводоканала», в период с января по февраль совершались залповые сбросы отходов ООО «Овощи Черноземья» на протяжении 235 часов.

В августе 2021 г. ситуация несколько улучшилась, однако некоторые показатели превышают нормативы для рыбохозяйственных водоемов: по иону аммония – в 3 раза, фосфатам – в 8 раз, БПК – в 1,1 раза. В этих условиях особую актуальность приобретают исследования гидробиологического режима р. Усмани – от ее верховья до низовья.

В результате гидробиологических исследований сентябре – октябре в р. Усмани выявлено 7 типов донных сообществ: *вермоидный*, доминантный комплекс которых слагается олигохетами либо

Таблица 1. **Динамика гидрохимических показателей качества воды в р. Усмани на территории ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова»**

Table 1. **Dynamics of hydrochemical indicators of water quality in the Usman River on the territory of the Voronezh State Nature Biosphere Reserve named after V.M. Peskov**

Параметр / Parameter	ПДК (санитарно-гигиенический) / Maximum permissible concentration (sanitary and hygienic)	ПДК (рыбохозяйственный) / Maximum permissible concentration (fishery)	Дата отбора проб / Sampling date (dd/mm/yyyy)			
			06.04.2020	27.08.2020	05.04.2021	26.08.2021
t, °C	–		5,8	16,2	5,6	17,8
pH, ед. /units	6,0–9,0		7,7	6,91	6,6	7,1
Ион кальция, мг/дм^3 / Calcium ion, mg/dm^3	не норм. / none		93,0	79,4	87,0	83,5
Магний (суммарно), мг/дм^3 / Total magnesium, mg/dm^3	50	40	20,9	25,9	23,5	28,2
Растворенный кислород, мг/дм^3 / Dissolved oxygen, mg/dm^3	≥ 4		3,9	6,5	1,3	4,1
$БПК_5$, мг/дм^3 / Biochemical oxygen demand, mg/dm^3	4	3	1,6	2,2	5,3	3,3
Ион аммония, мг/дм^3 / Ammonium ion, mg/dm^3	1,5	0,4	0,4	0,29	2,95	1,3
Нитрат ион, мг/дм^3 / Nitrate ion, mg/dm^3	45	40	1,7	0,31	2,4	1,1
Фосфат ион, мг/дм^3 / Phosphate ion, mg/dm^3	3,5	0,15	0,05	0,10	3,3	1,2
Сульфаты, мг/дм^3 / Sulfates, mg/dm^3	500	100	89,8	87,9	127,5	94,8
Хлориды, мг/дм^3 / Chlorides, mg/dm^3	350	300	25,5	26,9	27,2	28,9

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99
Оригинальная исследовательская статья

пиявками, *моллюсочный*, в которых доминируют моллюски, *инсектарный*, где доминируют насекомые, и сообщества смешанного типа – *моллюсочно-вермоидный*, *вермоидно-инсектарный* (либо *инсектарно-вермоидный*), *моллюсочно-инсектарный* (либо *инсектарно-моллюсочный*) и *крустацейно-моллюсочный*, где главенствуют ракообразные и моллюски.

В ***верховье реки*** на фоновом участке в окрестности с. Красное в макрозообентосе выявлены сообщества моллюсочного типа с единым эдификатором из сем. Bithyniidae – *Opisthorchophorus troscheli*, являющимся фильтратором + собирателем. Это монодоминантные сообщества, качественно отличающиеся на уровне первых субдоминантов. В рипали субдоминируют мелкие фильтраторы из р. *Musculium*, в медиали – донно-фитофильная форма *Bithynia tentaculata*. Кроме того, в состав субдоминантов сообществ входят фильтраторы – шаровки из р. *Sphaeriastrum* и фитодетритофаги – собиратели из брюхоногих *Anisus vortex*. В состав сообществ входит от 9 видов в медиали до 20 в рипали из 7–12 семейств. Численность сообществ была стабильно-умеренной (840–880 экз. м^2), биомасса – максимальной для исследуемых пунктов русла реки (18,76–41,55 г/м^2). Индексы информационного разнообразия (H) в данном пункте приближаются либо превышают 3,0 бит/экз., сообщества высоко- либо умеренно устойчивы, с невысокой энтропией. Концентрация доминирования численности низкая, что подтверждается высокой выравненностью сообществ, индекс видового разнообразия Маргалефа имеет здесь максимальные либо умеренные значения в сравнении с другими участками реки.

В пункте влияния сбросов ООО «Овощи Черноземья» происходит смена типов сообществ на моллюсочно-вермоидный выше сброса и вермоидный – ниже впадения стоков. Эдификаторами сообщества выше стоков был фито-детритофаг *A. vortex*, субдоминантом – хищный вид пиявок *Erpobdella octoculata*. Ниже стоков доминантные комплексы сформированы детритофагами из тубифицид *Potamothrix hammoniensis*, в медиали в качестве субдоминанта выступает полисапроб *Limnodrilus hoffmeisteri*, в рипали – представитель наидид *Pristinella bilobata*. Сообщества в этом пункте являются маловидовыми (3–5 видов из 1–3 семейств), с невысокой численностью и биомассой, которая ниже сброса уменьшается более чем на порядок. Информационное разнообразие не превышает 2,24 бит/экз. За счет относительно крупных размеров ведущих видов выше сброса концентрация доминирования и энтропия значительно выше, а устойчивость – ниже, чем в зоне влияния стоков. Однако ниже сброса происходит таксономическое и экологическое обеднение сообщества (отсутствуют моллюски-фильтраторы, хищные пиявки, насекомые и др.), и поэтому пониженные показатели доминирования и энтропии свидетельствуют о слабой информационной насыщенности сообщества в результате его деградации.

Более серьезные структурные изменения претерпевают бентосные сообщества в зоне влияния Водоканала. По сравнению с предыдущим пунктом, при равном объеме проб видовое разнообразие здесь снизилось втрое, а по сравнению с фоновым пунктом – в 9 раз. В живом виде в зообентосе обнаружены лишь полисапробные виды олигохет *Tubifex tubifex* и комаров-психодид *Tinearia alternata* (в нескольких метрах выше сброса), а также пелофильный вид мокрецов р. *Sphaeromyias*. В медиали ниже сброса живые беспозвоночные отсутствовали, в других станциях отмечено по 1–2 вида, каждый в единственном экземпляре, при этом обнаруживались остатки и пустые раковины 11–15 видов моллюсков. Поэтому можно констатировать здесь наличие остаточных либо провизорных сообществ с разрушенной системной структурой (в табл. 2 даны в скобках) с минимальной численностью и биомассой, не превышающей 0,05 г/м^2.

В пункте у северной границы ВГПБЗ им. В.М. Пескова (окр. с. Песковатка – с. Новоуглянец) преобладали сообщества инсектарного типа, где эдификаторами выступали хирономиды р. *Chironomus* либо в заросшей рипали – р. *Endochironomus*, редко при содоминировании с поденками р. *Cloeon*. Кроме того, здесь распространены сообщества моллюсочно-инсектарного (*Lymnaea stagnalis*+*Odontomyia ornata*) и моллюсочного типов (*Anisus contortus*+*Planorbis planorbis*). Сообщества были сформированы 3–15 видами из 1–10 семейств с численностью в большинстве пунктов 160–460 экз./м^2 и биомассой 0,16–4,35 г/м^2. Минимальным разнообразием отличается провизорное инсектарное сообщество *Chironomus cingulatus* + *Ch. uliginosus* в рипали с застойной водой, где ощущался сильный запах сероводорода. Минимальной численностью характеризуются два инсектарных сообщества – вышеупомянутое и в медиали со стороны Песковатки – 140–160 экз./м^2 (сообщество *Ch. cingulatus* + *Einfeldia longipes*). Наиболее разнообразным и с высокой численностью (1240 экз./м^2) являлось сообщество заросшей рипали со стороны Новоуглянца (*Endochironomus albipennis* + *Cloeon gr. dipterum*). Максимальной биомассой отличалось моллюсочно-инсектарное сообщество в рипали со стороны Песковатки (62,08 г/м^2). В трофическом аспекте доминантные комплексы сформированы преимущественно сестоно-фитодетритофагами фильтраторами + собирателями мелких форм (хирономиды), реже – всеядными крупных форм либо фито-детритофагами – собирателями средних форм. В состав субдоминантов, кроме хирономид, входили хищники (Turbellaria) и фито-детритофаги средних и мелких форм (р. *Odontomyia*, поденки, личинки мух-береговушек р. *Setacera*, жуков-сциртид, а также ракообразные *Asellus aquaticus*). Все сообщества участка имели высокую выровненность (V = 0,83–0,93), преимущественно низкие показатели доминирования по численности и были низко- либо умеренно энтропийными. Для трети исследуемых сообществ свойственно высокое информационное разнообразие (H = 3,17–3,62 бит/экз.), что обусловило их высокую устойчивость. Таким образом, в большинстве сообществ на этом участке реки наблюдается частичное либо полноценное восстановление таксономического разнообразия и доминантно-информационной структуры, а также смена доминантного и субдоминантного комплексов донных сообществ

В ***среднем течении*** р. Усмани, в окрестности с. Малая Приваловка (ниже южной границы заповедника) выявлены сообщества инсектарно-моллюсочного (в рипали) и инсектарно-вермоидного

Таблица 2. **Структура сообществ макрозообентоса верховья р. Усмани по данным 2021 г.**

Table 2. **The structure of macrozoobenthos communities in the upper reaches of the Usman River according to 2021 data**

Пункты / Points	С. Красное / Krasnoye village		«Овощи Черноземья» / "Vegetables of the Black Earth Region"		Водоканал / "Vodokanal"		С. Песковатка – с. Новоуглянец (выше заповедника) / Peskovatka village – Novouglyanets village (above the reserve)					
Станции / Станции	Рипаль / Ripal	Медиаль / Medial	Рипаль выше сброса / Ripoll above discharge	Медиаль ниже сброса / Medal below discharge	Рипаль выше сброса / Ripoll above discharge	Медиаль ниже сброса / Medal below discharge	Рипаль ниже сброса / Ripoll below discharge	Рипаль / Ripal	Медиаль / Medial	Медиаль / Medial	Медиаль / Medial	Рипаль / Ripal
Число семейств / Number of families	12 (18)	7 (15)	2	1	3	2 (11)	–	1 (8)	1 (9)	7 (12)	1 (4)	5 (9)	5 (13)	10
Число видов / Number of species	20 (27)	9 (24)	3	4	5	2 (13)	–	1 (16)	3 (14)	15 (20)	3 (7)	7 (14)	7 (22)	14
Численность, экз./м^2 / Abundance, ind./m^2	880	840	160	280	140	40	–	20	160	460	140	240	240	1240
Биомасса, г/м^2 / Biomass, g/m^2	18,76	41,55	1,84	0,28	0,17	0,05	–	0,04	0,32	62,08	0,16	0,53	2,52	4,35
Индекс Шеннона ($H \pm m_H$), бит/экз. / Shannon index ($H \pm m_H$), bits/ind.	3,95 ± 0,04	2,64 ± 0,04	1,06 ± 0,09	1,84 ± 0,40	2,24 ± 0,04	1,0 ± 0	–	–	1,41 ± 0,05	3,62 ± 0,05	1,45 ± 0,05	2,41 ± 0,05	2,75 ± 0,06	3,17 ± 0,03
$H_{max} - H_{min}$	4,32–0,24	3,17–0,11	1,58–0,11	2,0–0,10	2,32–0,24	1,0–0,17	–	–	1,59–0,11	3,91–0,31	1,59–0,12	2,59–0,21	3,0–0,27	3,8–0,12
Выравненность, V / Evenness, V	0,91	0,83	0,65	0,92	0,96	1,0	–	–	0,88	0,92	0,91	0,93	0,91	0,83
Индекс доминирования Симпсона, C_u / Simpson's dominance index, C_A	0,08	0,20	0,59	0,31	0,22	0,5	–	–	0,41	0,10	0,39	0,21	0,18	0,14
Индекс доминирования Симпсона, $C_б$ / Simpson's dominance index, C_b	0,18	0,39	0,70	0,28	0,24	0,52	–	–	0,38	0,81	0,41	0,28	0,29	0,12
Индекс видового разнообразия Маргалефа, *d* / Margalef's diversity index, *d*	2,80	1,19	0,39	0,53	0,81	0,27	–	–	0,39	2,28	0,40	0,93	1,28	1,83
Индекс устойчивости Алимова, A / Alimov's stability index, A	0,42	0,18	0,06	0,10	0,14	0,06	–	–	0,08	0,34	0,08	0,15	0,19	0,25
Показатель энтропии фон Ферстера, F / Von Foerster entropy index, F	0,09	0,17	0,33	0,08	0,03	0	–	–	0,11	0,07	0,09	0,07	0,08	0,17

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99
Оригинальная исследовательская статья

типа (в медиали). В качестве эдификаторов в рипали выступают хирономиды р. *Chironomus*. Субдоминантный комплекс видов представлен моллюсками, пиявками и равнокрылыми стрекозами р. *Ischnura*. В медиали развито бидоминантное сообщество при содоминировании крупной хищной формы из разнокрылых стрекоз р. *Libellula* и вида тубифицид *Limnodrilus udekemianus*, являющегося типичным для заиленных участков малых рек Центрального Черноземья. Субдоминантный комплекс видов также экологически разнообразен и сформирован крупными и мелкими хищниками (стрекозы р. *Aeschna*, клопы р. *Plea*), сестоно-фитодетритофагами – фильтраторами + собирателями (битинии) и фито-детритофагами – собирателями (катушки р. *Anisus*). Численность сообществ находилась в границах 580–980 экз./м^2, биомасса – 9,49–21,15 г/м^2. Информационное разнообразие в заросшей медиали достигает значения 3,51 бит/экз., сообщество является высоко выровненным и устойчивым, с низкими показателями концентрации доминирования и энтропии. Менее благополучно структурировано рипальное сообщество, для которого характерно умеренное снижение выравненности и повышение доминирования в численности, биомассе и энтропии. Сообщество относится к неустойчивым (табл. 3). Однако такие показатели характерны для текучих водоемов нашего региона и могут быть отнесены к категории фоновых для р. Усмани.

В ***низовье*** реки обследованные пункты значительно отличались по степени антропогенной нагрузки. В районе Веневитинского кордона и визуально, и по состоянию структуры макрозообентоса проявляется воздействие разгрузки загрязненных вод в районе детского пляжа (от базы отдыха «Факел» и с территории хозяйственно-бытовой инфраструктуры базы отдыха Воронежского госуниверситета). Разливы от этой разгрузки занимали существенную часть самого песчаного пляжа. При отборе проб в медиали и рипали реки у этой станции ощущался резкий запах гниющей органики и сероводорода. На этом участке русла выявлены сообщества вермоидного, моллюсочно-вермоидного и моллюсочно-инсектарного типов, кроме того, в заливе реки – моллюсочного типа.

В медиали реки в районе детского пляжа (в зоне интенсивной разгрузки) и в рипали в 50 м ниже пляжа (в зоне слабой разгрузки) нами выявлены остаточные вермоидное и моллюсочно-вермоидное сообщества, представленные 1–2 видами. На пляже единично отмечены олигохеты р. *Lumbriculus*, ниже пляжа – р. *Limnodrilus* при формальном доминировании эврибионтного вида моллюсков *Lymnaea ovata*. Структура сообществ деградирована на уровне остаточных сообществ в зоне промышленного влияния в верховье реки.

В 40–45 м ниже по течению, напротив усадьбы биостанции ВГУ в заросшей заиленной рипали и песчаной медиали выявлены вермоидные сообщества с более оптимизированной структурой либо составом. В медиали сообщество остается маловидовым и малочисленным, но доминирует речной вид тубифицид *Isochaetides newaensis*. При этом высокий показатель выравненности и низкая энтропия в данном случае отражает слабую информационную насыщенность обедненного сообщества.

В защищенной рипали, у рогозово-тростниковой ассоциации, развито более разнообразное, насыщенное особями, сообщество (11 видов из 8 семейств, с численностью 620 экз./м^2).

Доминирует эврибионт *Lumbriculus variegatus*, субдоминантный комплекс сформирован пиявками, мелкими брюхоногими и тубифицидами. Индекс Шеннона находится на уровне структурного благополучия, сообщество характеризуется высокой выравненностью и устойчивостью при низкой концентрации численности, и умеренной – по биомассе, с невысоким уровнем энтропии.

В 100–120 м ниже по течению, в районе плеса напротив базы отдыха «Маяк» в глубинной зоне, как и в медиали двух вышеперечисленных станций, выявлено остаточное деструктурированное вермоидное сообщество, представленное единственным полисапробным видом тубифицид *Limnodrilus hoffmeisteri* с минимальной численностью. В зарослевой зоне рипали формируется типично речное моллюсочно-инсектарное бидоминантное сообщество *Pisidium amnicum* + *Erythromma najas*, где в качестве эдификаторов выступают фильтраторы и хищники средних форм, в качестве субдоминантов – смешанные фильтраторы из мелких брюхоногих р. *Cincinna*. Сообщество включает 9 видов из 8 семейств, имеет невысокую численность (180 экз./м^2) и низкую биомассу (2,34 г/м^2). Поскольку все виды представлены в равноценно низкой численности, сообщество по структурным показателям формально является высокоустойчивым с низкой концентрацией доминирования, но при нулевой энтропии. Поэтому его нельзя отнести к категории благополучных, поскольку приоритетным его свойством является слабая насыщенность особями и отсутствие даже минимальной информационной избыточности. Можно заключить, что и в наиболее благоприятных условиях, среди зарослей в зоне самоочищения, сообщества макрозообентоса на данном участке реки не восстанавливают свою структуру после влияния разгрузки подземных вод в районе детского пляжа.

Обследование литоральной зоны залива, примыкающего к плесу ниже базы отдыха «Маяк», показало, что экосистема залива может являться богатой генетической базой для восстановления донных и донно-фитофильных сообществ русла реки. В данном сообществе выявлено 36 видов беспозвоночных из 25 семейств. Эдификаторами бидоминантного моллюсочного сообщества являются брюхоногие крупных и средних форм, по пищевой принадлежности – сестоно-фитодетритофаги фильтраторы + собиратели (с. *Contectiana contecta* + *B. tentaculata*). Субдоминантный комплекс сообщества сформирован крупным видом всеядных из р. *Lymnaea*, фитодетритофагами (р. *Anisus*) и детритофагами – люмбрикулидами. Индекс Шеннона принимает здесь максимальные значения среди исследуемых пунктов (4,48 бит/экз.) при невысоком уровне энтропии.

В приустьевом участке низовья р. Усмани выявлены сообщества инсектарного и крустацейно-моллюсочного типов. Все выявленные сообщества являлись бидоминантными, с относительно невысоким видовым разнообразием (5–10 видов из 5–9 семейств), численностью (100–340 экз./м^2)

Таблица 3. **Структура сообществ макрозообентоса р. Усмани в среднем и нижнем течении по данным 2021 г.**

Table 3. **Structure of macrozoobenthos communities in the Usman River in the middle and lower reaches according to 2021 data**

Участки / Plots	Среднее течение / Middle reaches		Низовье / Lower reaches									
Пункты / Points	Малая Приваловка / Malaya Privalovka		Веневитинский кордон / Venevitinsky cordon							Приустьевой участок (ниже Плотовского кордона) / Mouth area (below Plotovsky cordon)		
Станции / Stations	Медиаль / Medial	Рипаль / Ripal	Медиаль, пляж / Medial, Beach	Рипаль, ниже пляжа / Ripal, below beach	Медиаль, русло / Medial, Riverbed	Рипаль, русло / Ripal, Riverbed	Медиаль, плес / Medial, ples of the river	Рипаль, плес / Ripal, ples of the river	Залив, литораль	Рипаль / Ripal	Медиаль / Medial	Рипаль, отмель / Ripal shoal
Число семейств / Number of families	12 (16)	8	1 (2)	2 (4)	2 (3)	8 (12)	1 (2)	8 (15)	25 (31)	5 (7)	9 (12)	5 (7)
Число видов / Number of species	14 (19)	11	1 (2)	2 (4)	2 (4)	11 (15)	1 (2)	9 (16)	36 (45)	7 (9)	10 (13)	5 (8)
Численность, зкз./м^2 / Abundance, ind./m^2	580	980	120	40	80	620	20	180	2000	340	240	100
Биомасса, г/м^2 / Biomass, g/m^2	21,15	9,49	4,88	0,15	1,32	5,54	0,04	2,34	429,15	5,25	1,30	0,77
Индекс Шеннона ($H \pm m_h$), бит/экз. / Shannon index ($H \pm m_h$),bits/ind.	3,51 ± 0,04	2,11 ± 0,06	–	1,0 ± 0	1,50 ± 0,06	2,97 ± 0,05	–	3,17 ± 0,02	4,48 ± 0,03	2,54 ± 0,05	3,25 ± 0,04	2,32 ± 0,02
$H_{max} - H_{min}$	3,81–0,24	3,46–0,12	–	1,0–0,17	1,58–0,19	3,46–0,17	–	3,17–0,40	5,17–0,22	2,81–0,17	3,32–0,35	2,32–0,32
Выравненность, V / Evenness, V	0,92	0,60	–	1,0	0,93	0,85	–	1,0	0,86	0,90	0,98	1,0
Индекс доминирования Симпсона, C_a / Simpson's dominance index, C_A	0,11	0,42	–	0,5	0,38	0,18	–	0,11	0,07	0,20	0,11	0,20
Индекс доминирования Симпсона, $C_б$ / Simpson's dominance index, C_b	0,27	0,35	–	0,68	0,86	0,40	–	0,33	0,50	0,37	0,15	0,33
Индекс видового разнообразия Маргалефа, ά / Margalef's diversity index, ά	2,04	1,45	–	0,27	0,46	1,56	–	1,54	4,60	1,03	1,64	0,87
Индекс устойчивости Алимова, A / Alimov's stability index, A	0,32	0,13	–	0,06	0,08	0,22	–	0,25	0,60	0,17	0,27	0,14
Показатель энтропии фон Ферстера, F / Von Foerster entropy index, F	0,08	0,39	–	0	0,05	0,14	–	0	0,13	0,10	0,02	0

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99
Оригинальная исследовательская статья

и низкой биомассой (0,77–5,25 г/м²). В инсектарных сообществах доминировали различные виды равнокрылых стрекоз и двукрылые (сообщества *Coenagrion puella* + *Glyptotendipes gripekoveni* в медиали и *Ischnura elegans* + *Lispe tentacula* – на заросшей отмели). Эдификаторами крустацейно-моллюсочного сообщества являлись равноногие раки *Asellus aquaticus* и тельматофильный вид брюхоногих *Planoris planorbis*. В субдоминантные комплексы сообществ входили мелкие брюхоногие р. *Anisus*, поденки р. *Cloeon*, хирономиды р. *Clinotanypus* и личинки мух-львинок р. *Oplodontha* (рипаль), а также хирономиды р. *Microtendipes*, лимнииды р. *Helius* и мелкие брюхоногие р. *Physa* (медиаль). Таким образом, группа ведущих видов включает представителей из различных трофических групп и гильдий – хищники, всеядные, сестоно-фитодетритофаги фильтраторы + собиратели, фитодетритофаги собиратели. Информационное разнообразие сообществ находилось в границах 2,32–3,25 бит/экз., сообщества имели высокую выравненность при низкой концентрации доминирования численности и биомассы, низкий уровень энтропии. Сообщество отмели было слабо насыщено особями при нулевой энтропии, т. е. находилось либо в начале формирования, либо в стадии разрушения, что может быть связано с гидрологическими особенностями мелководий. Оптимально структурированным было сообщество заросшей медиали. Судя по структуре сообществ медиали и рипали, их состояние на данном участке реки можно считать фоновым.

Обсуждение. Малые реки являются объектами постоянного внимания гидробиологического научного сообщества [9–15]. Одной из базовых основ для прогнозирования состава и функционирования речных экосистем является разработка классификации речных сообществ, что апробировано в работах А.П. Новоселова и соавт. (2022) на примере оценки современного состояния планктонных и бентосных сообществ устьевой области реки Северная Двина [12], О.А. Лоскутовой и соавт. (2022), в которой представлены результаты изучения сообщества макрозообентоса малых тундровых озер северо-востока европейской части России [13], а также в ряде других исследований [14, 15].

Для малых водотоков наиболее перспективной, на наш взгляд, является классификация, основанная на спектрах жизненных форм, а определяющим абиотическим фактором – тип грунта.

В Европейской части России и на некоторых сопредельных территориях М.В. Чертопрудом выделено 39 типов сообществ, формирующих четыре комплекса – креналь, ритраль, фиталь и пелаль [16]. Согласно этой классификации, имеющийся набор выделенных нами сообществ р. Усмани относится к пелали – комплексу сообществ мягких грунтов (ил, в различной степени заиленный песок) на слабом и умеренном течении. Большинство сообществ р. Усмани сформировано видами эупелали (сапропелаль – в нарушенных местообитаниях верховья, гипопелаль и псаммопелаль – на других участках реки).

Анализ представляемых нами структурных характеристик сообществ не входит в противоречие с подходом, предложенным М.В. Чертопрудом, являясь более формализованным при выделении типов сообществ, и более детализированным при выделении их видов, что делает возможным сравнительный анализ с более ранними подобными исследованиями региона для локальных сообществ. Такие материалы нуждаются в последующем обобщении с применением подхода с использованием жизненных форм (их динамики и замещения конвергентными формами как по профилю реки, так и в целом для малых рек региона).

Исследованиям зообентоса и макрозообентоса речной сети Европейской части России посвящены работы Л.А. Живоглядовой и соавт. (2020), в которой представлены данные по таксономическому составу и количественным характеристикам планктонных и бентосных сообществ Нижнего Дона в районе строительства Багаевского гидроузла [17], К.А. Деркач и соавт. (2018), в которой проанализированы результаты изучения видового состава макрозообентоса реки Десны в пределах города Брянска [18].

Однако структура донных сообществ реки Усмань в последние десятилетие практически не оценивалась. Анализ публикаций, рассматривающих экологические проблемы реки Усмани, показывает, что основными направлениями исследований этой малой реки являлась оценка гидрохимических показателей [19], в том числе в пойменных озерах бассейна реки на территории Воронежского государственного биосферного заповедника [20].

По данным А.Е. Силиной, в р. Усмани на территории Воронежского заповедника обитало не менее 250 видов беспозвоночных. Численность зообентоса находилась в пределах от 240 экз./м² на плесе до 2673,3 экз./м² на перекате, в среднем составляя 1368,9 экз./м², биомасса соответственно – 64,0–1,28 и 23,5 г/м². При этом во всех пунктах численно преобладали насекомые, в биомассе – моллюски [21].

В 2008 году Институтом биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН р. Усмань изучалась от места впадения очистных сооружений г. Усмань до плесов на территории заповедника [22]. Было выявлено полное отсутствие зообентоса в районе впадения стоков и рост разнообразия до 6–16 видов по мере удаления от источника загрязнения, при этом наблюдалось его снижение в районе бобропитомника. Выявленные типы сообществ (инсектарный и инсектарно-олигохетный) сформированы псаммофильными видами хирономид (*Cladotanytarsus* gr. *mancus* и *Cryptochironomus* gr. *defectus*), в зоне плотины – лимно-пелофильными видами хирономин р.р. *Chironomus* и *Glyptotendipes*, а также и тубифицид р.р. *Tubifex* и *Limnodrilus*.

Для низовья реки численность сообществ макрозообентоса была невысокой – 140–380 экз./м². Биомасса в пункте развития перловицевых и речных шаровок р. *Sphaeriastrum* достигала 979 г/м², в других пунктах составляла лишь 0,5–7,2 г/м². В пункте исследования выявлены моллюсочный и моллюсочно-инсектарный типы сообществ, насекомые доминантного комплекса представлены реофильными личинками стрекоз р. *Platycnemis*. Информационное разнообразие сообществ находилось в границах 1,38–2,78 бит/экз. при умеренной концентрации доминирования численности. Энтропийный показатель оказался невысоким – 0,13–0,14, снижаясь в моллюсочно-инсектарном сообществе до 0,04.

Наши данные подтверждают серьезное деструктивное влияние сбросов органического происхождения ООО «Овощи Черноземья» и Водоканала г. Усмань на формирование донных сообществ реки, где в первом случае, по сравнению с фоновым створом у с. Красное, происходит смена типов сообществ и многократное снижение видового разнообразия, численности, биомассы, устойчивости, подавление информационного разнообразия и «скачок» энтропии, свидетельствующий либо о деградации, либо о периоде перестройки сообщества. В пункте ниже Водоканала фиксировались либо единичные особи полисапробных видов тубифицид и мелких двукрылых, либо полное отсутствие локального сообщества, как и в 2008 г. [22].

На «входе» в заповедник у сел Песковатка и Новоуглянец сообщества восстанавливают разнообразие, сопоставимое с данными 2008 г., которое сохраняется и на «выходе» из него у с. Малая Приваловка. Кормность водоема ниже северной границы заповедника была значительно меньше (преимущественно малокормные условия), чем у южной границы (от высококормных к весьма высококормным). Наблюдаемое в окрестности Веневитинского кордона снижение показателей разнообразия, устойчивости, падение энтропии не столь резко, но в общих чертах повторяет признаки деградации сообществ, вызванной, во-первых, особенностями чистых песчаных грунтов, слабо заселяемых гидробионтами, а во-вторых, локальным загрязнением водами подземной разгрузки в районе пляжа. Имеющийся данные по низовью реки позволяют заключить о снижении в 2021 г. роли фильтраторов – двустворчатых и переднежаберных брюхоногих моллюсков, частично в медиали замещенных губками р. *Ephydatia*, и усилении роли легочных моллюсков. Преобладают сообщества инсектарного типа с появлением крустацейно-моллюсочного. Показатели численности сообществ остаются на прежнем уровне, показатели биомассы ввиду отсутствия крупных двустворчатых находятся на уровне моллюсочно-инсектарных сообществ 2010 г.

Сравнительный анализ структурных показателей локальных сообществ р. Усмани с другими малыми реками Окско-Донской равнины в пределах Воронежской области (Икорец, Хворостань, Савала [22]) показывает, что видовое и информационное разнообразие локальных сообществ р. Усмани (вне зоны сильного антропогенного влияния в верховье реки) находится на сходном с ними уровне, численность и биомасса – существенно ниже за счет относительно низкого обилия моллюсков и хирономид. Сообщества зообентоса этих рек преимущественно моллюсочного, реже – инсектарно-моллюсочного типа, где доминируют брюхоногие из р.р. *Lithoglyphus* и *Viviparus* либо двустворчатые р. *Sphaeriastrum*, а также перловицы и беззубки. В р. Усмани в 2021 г. эдификаторами моллюсочных и смешанных с ними сообществ выступают более эврибионтные, толерантные к пересыханию битинии р. *Opisthorchophorus*, катушки р. *Anisus*, р. *Planorbis* и прудовики.

Таким образом, экосистема реки в 2021 г. в результате токсификации и залповой биогенной дотации в верховье реки (сбросы «Овощей Черноземья», стоки Водоканала г. Усмань и последующее разложение массово погибающей рыбы) на фоне маловодности 2021 г. претерпела смену доминантов в основных типах сообществ от верховья до низовья, при этом численность донных сообществ в среднем и нижнем течении, как и разнообразие вне зон антропогенного влияния, остались прежними. Смена эдификаторов произошла за счет ухода крупных и средних фильтраторов из двустворчатых и средних форм брюхоногих моллюсков, которые замещены более толерантными к пересыханию и кислородному режиму видами брюхоногих. Наиболее подвержены деструкции оказались все исследуемые локальные сообщества ниже сброса «Овощей Черноземья», Водоканала и в пункте разгрузки грунтовых вод у базы отдыха «Факел» (Веневитинский кордон).

Заключение. После загрязняющих сбросов в верховье р. Усмани, осуществленных в зимний период 2020–2021 гг. ООО «Овощи Черноземья» и Водоканалом г. Усмань, к концу летнего периода 2021 г. на территории заповедника гидрохимические показатели частично оптимизировались, оставаясь значительно повышенными по ряду показателей: по иону аммония превышение ПДК – в 3 раза, фосфатам – в 8 раз, БПК – в 1,1 раза.

Исследование состояния и структуры сообществ донных беспозвоночных (макрозообентос) позволило выявить обитание донных сообществ 7 типов: вермоидный, моллюсочный, инсектарный и смешанные типы – моллюсочно-вермоидный, вермоидно-инсектарный, моллюсочно-инсектарный и крустацейно-моллюсочный. В верховье выявлено 6 типов сообществ, в среднем течении – 2, в нижнем – 5.

В зонах влияния предприятий Водоканал г. Усмань и ООО «Овощи Черноземья» в верховье реки и в зоне локального загрязнения в низовье (Веневитинский кордон) были распространены деградирующие сообщества вермодного типа, характеризующиеся крайне малой насыщенностью видами и особями, с исчезающе низкой либо нулевой энтропией.

К высокоустойчивым сообществам с фоновым состоянием доминантно-информационной структуры можно отнести сообщества верховья у с. Красное, зарослевые рипальные сообщества у северной границы заповедника в окрестностях сел Песковатка и Новоуглянец и южнее заповедника – у с. Малая Приваловка в среднем течении, а также медиальные и рипальные сообщества приустьевого участка.

Список литературы

1. Иванчев В.П., Сарычев В.С., Иванчева Е.Ю. Современное состояние и динамика фауны и населения рыб малой реки лесостепной зоны Европейской России (на примере р. Усмань, бассейн Верхнего Дона) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2013. Т. 118. № 4. С. 3–14.
2. Молоканова Л.В., Хицова Л.Н., Клепиков О.В., Платунин А.В. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды в реке Девице бассейна Верхнего Дона по сообществам перифитона искусственных субстратов // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 6 (315). С. 37–41. doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-37-41
3. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Механтьев И.И. Оценка эффективности реализации системного подхода к обеспечению гигиенической безопасности питьевого и рекреационного водопользования населения на примере Воронежской области //

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-89-99
Оригинальная исследовательская статья

Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 8. С. 7–14. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-8-7-14
4. Дмитриева В.А., Сушков А.И., Закусилов В.П. Климатическая обусловленность современных гидроэкологических процессов в речных потоках бассейна Верхнего Дона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 2. С. 118–127. doi: 10.17308/geo.2022.2X9318
5. Тарасова О.Г., Зайцев В.Ф. Биологическое разнообразие бентосных организмов низовьев Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 1. С. 44–51.
6. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. Санкт-Петербург: Наука, 2000. 147 с.
7. Розенберг Г.С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 2. С. 4–25.
8. Юрченко В.В., Бирюкова М.Г., Лукина Д.Ю. Показатели биоразнообразия как критерий оценки экологического состояния водоемов г. Астрахани // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 7–13. doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-7-13
9. Синькова И.С. Проблемы оценки антропогенной нагрузки на воды малых рек урбанизированных территорий // Региональные проблемы. 2022. Т. 25. № 3. С. 57–59. doi: 10.31433/2618-9593-2022-25-3-57-59
10. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н. Оценка качества вод малых рек бассейнов Северского Донца и Тузлова по биотическим индексам // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 1. С. 7–18. doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_7
11. Петров Д.С., Якушева А.М. Оценка экологического состояния малых водотоков Санкт-Петербурга по показателям зообентоса в 2019-2021 гг. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2022. Т. 67. № 3. С. 529–544. doi: 10.21638/spbu07.2022.308
12. Новоселов А.П., Имант Е.Н., Артемьев С.Н., Матвеев Н.Ю., Матвеева А.Д. Современное состояние планктонных и бентосных сообществ устьевой области реки Северная Двина // Экология. 2022. Т. 60. № 3. С. 211–220. doi: 10.31857/S0367059722030088
13. Лоскутова О.А., Батурина М.А. Сообщества макрозообентоса малых тундровых озер северо-востока Европейской части России // Биология внутренних вод. 2022. № 6. С. 749–758. doi: 10.31857/S0320965222060134
14. Воробьева Л.В., Решетов И.С., Азовский А.И., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. Закономерности распределения макрозообентоса в некоторых реках Европейской части России и сопредельных территорий // Зоологический журнал. 2020. Т. 99. № 8. С. 843–865. doi: 10.31857/S0044513420030149
15. Шайхутдинова А.А. Сезонная динамика макрозообентоса при градиенте минерализации в реке Тузлукколь // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2019. Т. 5 (71). № 2. С. 184–194.
16. Чертопруд М.В. Разнообразие и классификация реофильных сообществ макробентоса средней полосы Европейской России // Журнал общей биологии. 2011. Т. 72. № 1. С. 51–73.
17. Живоглядова Л.А., Сафронова Л.М., Шляхова Н.А., Бондарев С.В., Налётова Л.Ю., Афанасьев Д.Ф. Гидробиологическая характеристика реки дон в районе строительства Багаевского гидроузла // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2020. Т. 23. № 2. С. 131–138. doi: 10.21443/1560-9278-2020-23-2-131-138
18. Деркач К.А., Прокофьев И.Л. Видовой состав и особенности распределения макрозообентоса реки Десны в пределах г. Брянска // Ученые записки Брянского государственного университета. 2018. № 4 (12). С. 35–41.
19. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Каверина Н.В. Гидрохимия речных вод Воронежской городской агломерации // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2020. № 3. С. 78–85. doi: 10.17308/geo.2020.3/3027
20. Летин А.Л., Межова Л.А. Современные природно-антропогенные геосистемы Воронежского государственного биосферного заповедника и проблемы сохранения биоразнообразия // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 154–159. doi: 10.17513/use.37752
21. Силина А.Е. Донная и фитофильная макрофауна беспозвоночных р. Усмань в пределах Воронежского заповедника (Воронежская область) // Труды Воронежского государственного заповедника. Вып. XXVII. Под ред. П.Д. Венгерова. Воронеж: БиомикАктив, 2012. С. 195–211.
22. Прокин А.А., Петрухин Ю.К. Макрозообентос малых и средних рек Окско-Донской равнины в пределах Воронежской области (по данным 2008 г.) // Экология водных беспозвоночных. Сборник материалов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Ярославль: Принтхаус, 2010. С. 249–255.

References

1. Ivanchev VP, Sarychev VS, Ivancheva EYu. Modern condition and dynamics of fauna and the fish population of the forest-steppe zone small river in the European Russia (on the example of the Usman River, basin of the Upper Don). *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody. Otdel Biologicheskiy*. 2013;118(4):3-14. (In Russ.)
2. Molokanova LV, Khitsova LN, Klepikov OV, Platunin AV. Sanitary and hygienic assessment of water quality in the Devitsa River of the Upper Don basin by the periphiton community of artificial substrates. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(6(315)):37-41. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-37-41
3. Popova AYu, Kuzmin SV, Mehantyev II. Assessment of implementation efficiency of the system approach to ensuring safety of public drinking and recreational water use on the example of the Voronezh Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(8):7-14. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-8-7-14
4. Dmitrieva VA, Sushkov AI, Zakusilov VP. Climatic conditionality of modern hydroecological processes in river flows of the Upper Don basin. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2022;(2):118-127. (In Russ.) doi: 10.17308/geo.2022.2X9318
5. Tarasova OG, Zaitsev VF. Biological diversity of benthic organisms of the lower reaches of the Volga River. *Vestnik Astrakhanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. Seriya: Rybnoe Khozyaystvo*. 2016;(1):44-51. (In Russ.)
6. Alimov AF. [*Elements of the Theory of Functioning of Aquatic Ecosystems.*] St. Petersburg: Nauka Publ.; 2000. (In Russ.)
7. Rozenberg GS. Information index and diversity: Boltzmann, Kotelnikov, Shannon, Weaver... *Samarskaya Luka: Problemy Regional'noy i Global'noy Ekologii*. 2010;19(2):4-25. (In Russ.)
8. Yurchenko VV, Biryukova MG, Lukina DYu. Factors of biodiversity as criteion for evaluating ecological status of water bodies in Astrakhan. *Vestnik Astrakhanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. Seriya: Rybnoe Khozyaystvo*. 2019;(4):7-13. (In Russ.) doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-7-13
9. Sinkova IS. Problems of assessing the anthropogenic load on small rivers in urbanized areas. *Regional'nye*

Problemy. 2022;25(3):57-59. (In Russ.) doi: 10.31433/2618-9593-2022-25-3-57-59
10. Bakaeva EN, Taradayko MN. Assessment of water quality in small rivers of the Seversky Donets and the Tuzlov river basins using biotic indices. *Vodnye Bioresursy i Sreda Obitaniya*. 2021;4(1):7-18. (In Russ.) doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_7
11. Petrov DS, Yakusheva AM. Assessment of the ecological state of small rivers of St Petersburg according to the benthic macroinvertebrates indicators in 2019–2021. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Nauki o Zemle*. 2022;67(3):529-544. (In Russ.) doi: 10.21638/spbu07.2022.308
12. Novoselov AP, Imant EN, Artem'ev SN, Matveev NY, Matveeva AD. Current state of planktonic and benthic communities in the mouth part of the Northern Dvina River. *Russian Journal of Ecology*. 2022;53(3):212-220. doi: 10.1134/S1067413622030080
13. Loskutova OA, Baturina MA. Macrozoobenthos communities in small tundra lakes of the European north-east of Russia. *Biologiya Vnutrennikh Vod*. 2022;(6):749-758. (In Russ.) doi: 10.31857/S0320965222060134
14. Vorobjeva LV, Reshetov IS, Azovsky AI, Kovatcheva NP, Chertoprud ES. Patterns of macrozoobenthos distribution in some rivers of European Russia and adjacent regions. *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2020;99(8):843-865. (In Russ.) doi: 10.31857/S0044513420030149
15. Shayhutdinova AA. The seasonal dynamics of macrozoobentos at gradient mineralization in the Tuzlukkol River. *Uchenye Zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta Imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*. 2019;52(71)(2):184-194. (In Russ.)
16. Chertoprud MV. Diversity and classification of rheophilic communities of macrobenthos in middle latitudes of European Russia. *Zhurnal Obshchey Biologii*. 2011;72(1):51-73. (In Russ.)
17. Zhivoglyadova LA, Safronova LM, Shlyahova NA, Bondarev SV, Naletova LYu, Afanasyev DF. Hydrobiological characteristics of the Don River in the region of the Bagayevsky hydroelectric complex construction. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2020;23(2):131-138. (In Russ.) doi: 10.21443/1560-9278-2020-23-2-131-138
18. Derkach KA, Prokofyev IL. Species diversity and peculiarities of the distribution of macrozoobentos within Desna River in Bryansk. *Uchenye Zapiski Bryanskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2018;(4):35-41. (In Russ.)
19. Prozhorina TI, Kurolap SA, Kaverina NV. Hydrochemistry of river waters in the Voronezh urban agglomeration. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2020;(3):78-85. (In Russ.) doi: 10.17308/geo.2020.3/3027
20. Letin AL, Mezhova LA. Modern natural and anthropogenic geosystems of the Voronezh State Biosphere Reserve and problems of biodiversity conservation. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2021;(12):154-159. (In Russ.) doi: 10.17513/use.37752
21. Silina AE. [Bottom and phytophilic macrofauna of invertebrates of the Usman River within the Voronezh Reserve (Voronezh Region).] In: Vengerov PD, ed. [*Works of the Voronezh State Reserve*.] Issue XXVII. Voronezh: BiomikAktiv Publ.; 2012:195-211. (In Russ.)
22. Prokin AA, Petrukhin YuK. [Macrozoobenthos of small and medium rivers of the Oka-Don plain within the Voronezh Region (according to 2008 data).] In: *Ecology of Aquatic Invertebrates: Proceedings of the International Conference Dedicated to the Centenary of the Birth of F.D. Mordukhay-Boltovsky, Borok, October 30 – November 2, 2010*. Yaroslavl': Printhaus Publ.; 2010:249–255. (In Russ.)

Академик Б.Л. Черкасский – эпидемиолог вне времени и пространства

Проходя по коридорам центрального аппарата Роспотребнадзора, невольно бросаешь взгляд на портреты, с которых на тебя смотрят корифеи практической и научной санитарно-эпидемиологической школы: Бургасов П.Н., Прозоровский С.В., Жданов В.М., Покровский В.И., Елкин И.И. и многие другие. Они – гордость Службы. Смотрят доброжелательно, но строго, как будто оценивают: а сможешь ли ты продолжить дело, которому они посвятили свою жизнь? Достойное место в их рядах занимает наш учитель – неутомимый теоретик и практик эпидемиологии Бениямин Лазаревич Черкасский, прошедший путь от практического врача-эпидемиолога до доктора медицинских наук, профессора, действительного члена Российской академии медицинских наук – академика РАМН.

После окончания Киевского медицинского института с 1957 по 1962 год работал главным врачом санитарно-эпидемиологической станции Олевского района Житомирской области УССР, затем в 1962–1963 годах – врачом-эпидемиологом Киевской областной СЭС. В Центральном научно-исследовательском институте эпидемиологии (ЦНИИ Эпидемиологии) Бениямин Лазаревич трудился с 1963 года (с момента основания института), начиная с должности младшего научного сотрудника и впоследствии закончив свой творческий и жизненный путь в 2007 году в должности заведующего лабораторией зоонозных инфекций.

В 1962 году, работая в Олевском районе, защитил под руководством академика Л.В. Громашевского кандидатскую диссертацию на тему «Особенности эпидемиологии кори в сельской местности», а в 1970 году в ЦНИИ Эпидемиологии – докторскую диссертацию «Проблема ликвидации сибирской язвы». С 1978 года – член Комитета экспертов ВОЗ по зоонозам и директор сотрудничающего с ВОЗ Центра по зоонозам.

Б.Л. Черкасский в 1997 году воплотил в жизнь свою давнюю мечту – организовал сначала курс последипломного образования, а затем в 1999 году основал и возглавил кафедру эпидемиологии медико-профилактического факультета послевузовского профессионального образования Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова – сейчас Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). Бениямин Лазаревич уделял воспитанию кадров особое внимание. Он любил и уважал всех своих учеников, независимо от того, были ли это студенты или умудренные опытом врачи и преподаватели медицинских вузов. К настоящему времени обучение и переподготовку на этой кафедре прошли десятки тысяч слушателей.

Академик Б.Л. Черкасский никогда не был «кабинетным» ученым. Его талант и многогранность личности проявлялись в нестандартном подходе к решению актуальных в тот или иной период времени задач, таких как расследование вспышек холеры, бруцеллеза, сальмонеллезов, бешенства, сибирской язвы, других инфекций. В его активе сотни выездных рабочих совещаний и служебных командировок в самые разные точки мира.

Научные интересы Б.Л. Черкасского простирались как в области общей эпидемиологии (медицинская география, статистические методы эпидемиологического анализа, совершенствование теоретических аспектов эпидемического процесса), так и в вопросах частной эпидемиологии (сибирская язва, бешенство, сальмонеллезы, эшерихиозы, кампилобактериоз, корь). Сформулированные Б.Л. Черкасским общие принципы профилактики и борьбы с зоонозами, концепция комплексного эпизоотолого-эпидемиологического надзора за зоонозными инфекциями, методологические основы социально-экологической концепции эпидемического процесса открыли новые направления для последующих исследований в области эпидемиологии и эпизоотологии.

В тяжелые для страны годы конца XX – начала XXI века Бениямин Лазаревич, обладая феноменальным профессиональным чутьем, не только смог сохранить основной квалифицированный состав лаборатории, но и придать новый импульс развитию таких актуальных и значимых направлений, как совершенствование эпидемиологического надзора за сибирской язвой, организация переподготовки кадрового профессионально-практического и профессорско-преподавательского состава различных учреждений медицинского профиля. Увесистый справочник «Кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации», вышедший в 2005 году под редакцией Б.Л. Черкасского и включающий информацию о проявлениях активности сибирской язвы в границах современной России начиная со второй половины XIX века, позволил по-новому взглянуть на проблему оценки эпидемиологического риска этой особо опасной инфекции.

Академик Б.Л. Черкасский был чрезвычайно трудолюбив и даже на отдыхе в выходные и отпускные дни находил время для научной работы. Из-под его пера вышло в свет более 300 научных публикаций, 26 монографий, под его редакцией опубликовано 16 книг и сборников. А его книги «Глобальная эпидемиология», «Риск в эпидемиологии», «Путешествие эпидемиолога во времени и пространстве», без преувеличения, являются настольными пособиями для многих специалистов. Под руководством Б.Л. Черкасского защищено 24 кандидатских и 8 докторских диссертаций.

Таким мы, ученики и последователи академика Бениямина Лазаревича Черкасского, запомнили нашего учителя, наставника и друга.

Ладный В.И., Локтионова М.Н., Чеканова Т.А., Петремгвдлишвили К.
ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора