



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)

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

16+

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Основан в 1993 г.

Russian monthly peer-reviewed scientific and practical journal

PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Established in 1993

№ 6 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 Ulrich's Periodicals Directory, входит в коллекцию Национальной медицинской библиотеки (США).

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

Москва • 2022

Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО

Рецензируемый
научно-практический журнал
Том 30 № 6 2022

Выходит 12 раз в год

Основан в 1993 г.

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

Учредитель: Федеральное
бюджетное учреждение здраво-
охранения «Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии»
Федеральной службы по надзору
в сфере защиты прав потреби-
телей 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 публи-
куемых материалов (в том
числе, с помощью большего
вовлечения представителей
международного научного
сообщества).
- ➔ Неукоснительно следовать
принципам исследовательской
и издательской этики, беспри-
страстно оценивать и тщательно
отбирать публикации, для
исключения неэтичных действий
или плагиата со стороны
авторов, нарушения общепри-
нятых принципов проведения
исследований.
- ➔ Обеспечить свободу контента,
редколлегии и редсовета
журнала от коммерческого,
финансового или иного давления,
дискредитирующего его беспри-
страстность или снижающего
доверие к нему.

Все рукописи подвергаются
рецензированию.

Всем статьям присваивается ин-
дивидуальный 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.fcgi.ru/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А.Ю. Попова

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

Заместитель главного редактора В.Ю. Ананьев

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

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

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

О.Ю. Милушкина д.м.н., доц.; проректор по учебной работе, заведующий кафедрой гигиены педиатрического факультета 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. Балахов д.м.н., проф.; директор ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

Н.А. Бокарева д.м.н., доц.; профессор кафедры гигиены педиатрического факультета 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. Брик 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 орден Трудового Красного Знамени НИИ противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (г. Иркутск, Российская Федерация)

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

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

Н.А. Лебедева-Несверя 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 этиологии биокommunikации ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- В.А. Тутельян д.м.н., проф., акад. РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации; научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»; член Президиума РАН, главный внештатный специалист – диетолог Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), эксперт ВОЗ по безопасности пищи (г. Москва, Российская Федерация)
- Л.А. Хляп к.б.н.; старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН (ИПЭЭ РАН) (г. Москва, Российская Федерация)
- В.П. Чашин д.м.н., проф., Заслуженный деятель науки Российской Федерации; главный научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- А.Б. Шевелев д.б.н.; главный научный сотрудник группы биотехнологии и геномного редактирования ИОГен РАН (г. Москва, Российская Федерация)
- Д.А. Шпилев д.социол.н., доц.; профессор кафедры криминологии Нижегородской академии МВД России, профессор кафедры общей социологии и социальной работы факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)
- М.Ю. Щелканов д.б.н., доц., директор ФГБУН «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 ФГБУН «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.; приглашенный учёный (программа исследований в области органической и эволюционной биологии), Хельсинкский университет, (Финляндия), ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научно-исследовательского центра РАН (г. Петрозаводск, Российская Федерация)
- С.И. Сычик к.м.н., доц.; директор Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Беларусь)
- И. Томассен Cand. real. (аналит. химия), профессор Национального института гигиены труда (г. Осло, Норвегия); ведущий научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга САФУ (г. Архангельск, Российская Федерация)
- Ю.О. Удланд доктор философии (мед.), профессор глобальной 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 № 6 2022

Выходит 12 раз в год

Основен в 1993 г.

Все права защищены.
Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала 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 30.06.2022
Формат издания 60x84/8
Печ. л. 9,75
Тираж 1000 экз.
Цена свободная

Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6.
С. 7–78.

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 6, 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.fcgiu.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

Vasily Yu. Ananyev, Deputy Editor-in-Chief

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

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

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

Nataliya A. Gorbacheva, Executive Secretary

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

Vasily G. Akimkin

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

**Elena V. Anufrieva
(Scientific Editor)**

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

Alexey M. Bolshakov

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

Nina V. Zaitseva

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Olga Yu. Milushkina

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Nikolai V. Rudakov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences; Director of the Omsk Research Institute of Natural Focal Infections; Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Olga E. Trotsenko

Dr. Sci. (Med.), Director of the Khabarovsk Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Khabarovsk, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of Gabrichesky Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Alekhnovich

Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Head for Research and Scientific Work, Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Sergey A. Balakhonov

Dr. Sci. (Med.), Professor; Director of Irkutsk Anti-Plague Research Institute, Irkutsk, Russian Federation

Natalia A. Bokareva

Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Professor of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Evgeniy L. Borshchuk

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

Sergey N. Kiselev

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

Oleg V. Klepikov

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

Victor T. Komov

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

Eduard I. Korenberg

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

Vladimir M. Korzun

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

Elena A. Kuzmina

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

Vladimir V. Kutyrev

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the Russian Anti-Plague Research Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation

Natalia A. Lebedeva-Neseyra

Dr. Sci. (Sociol.), Assoc. Prof.; Head of the Laboratory of Social Risk Analysis Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

Alexander V. Meltser	Dr. Sci. (Med.), Professor; Vice-Rector for Development of Regional Health Care and Preventive Medicine, Head of the Department of Preventive Medicine and Health Protection, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation
Andrei N. Pokida	Cand. Sci. (Sociol.), Director of the Research Center for Socio-Political Monitoring, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation
Natalia V. Polunina	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Yu.P. Lisitsyn Department of Public Health and Health Care, Pediatric Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation
Lyudmila V. Prokopenko	Dr. Sci. (Med.), Professor; Chief Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Health, N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation
Ivan K. Romanovich	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russian Federation
Vladimir Yu. Semenov	Dr. Sci. (Med.), Professor; Deputy Director for Organizational and Methodological Work, V.I. Burakovskiy Institute of Cardiac Surgery, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation
Sergey A. Sudyin	Dr. Sci. (Sociol.); Head of the Department of General Sociology and Social Work, Faculty of Social Sciences, National Research Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Alexey V. Surov	Dr. Sci. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Deputy Director for Science, Chief Researcher, Head of the Laboratory for Comparative Ethology of Biocommunication, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation
Victor A. Tutelyan	Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation; Scientific Director of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation
Liudmila A. Khlyap	Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Institute of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Valery P. Chashchin	Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Chief Researcher, 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
Vasily S. Glushanko	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care with the course of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Vitebsk, Republic of Belarus
Mirza A. Kazimov	Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Health and Environment, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
Juri P. Kurhinen	Dr. Sci. (Biol.), Visiting Scientist, Research Program in Organismal and Evolutionary Biology, University of Helsinki, Finland; Leading Researcher, Laboratory of Landscape Ecology and Protection of Forest Ecosystems, Forest Institute, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
Yngvar Thomassen	Candidatus realium (Chem.), Senior Advisor, National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway; Leading Scientist, Arctic Biomonitoring Laboratory, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation
Aristidis Michael Tsatsakis	PhD (Org-Chem), DSc (Biol-Pharm), Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Full Member of the World Academy of Sciences, Honorary Member of EUROTOX; Director of the Department of Toxicology and Forensic Science, School of Medicine, University of Crete and the University Hospital of Heraklion, Heraklion, Greece
Sergey I. Sychik	Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Director of the Republican Scientific and Practical Center for Hygiene, Minsk, Republic of Belarus
Jon Øyvind Odland	MD, PhD, Professor of Global Health, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway; Chair of AMAP Human Health Assessment Group, Tromsø University, Tromsø, Norway
Helmut Hahn	MD, PhD, Professor, President of the R. Koch Medical Society, Berlin, Germany
Feng-Min Zhang	Dr. Sci. (Med.), Chairman of the Department of Microbiology, Director of the China-Russia Institute of Infection and Immunology, Harbin Medical University; Vice President of Heilongjiang Academy of Medical Sciences, Harbin, China

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya – ZNiSO

Public Health and Life Environment – PH&LE

Russian monthly peer-reviewed
scientific and practical journal

Volume 30, Issue 6, 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 Rosпотребнадзор. A reference to the journal is required when quoting. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. Advertisers are solely responsible for the contents of advertising materials.

Editorial Contacts:

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: June 30, 2022
Publication format: 60x84/8
Printed sheets: 9.75

Circulation: 1,000 copies
Free price

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.
2022;30(6):7–78.

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 Rosпотребнадзор, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Ермолицкая М.З., Кикун П.Ф. Выявление взаимосвязи между показателями качества жизни населения и заболеваемостью злокачественными новообразованиями в Приморском крае	7
--	---

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Каменецкая Д.Б. Кремний в природных водных объектах: формы соединений и методы контроля (обзор)	15
Трифонов Т.А., Савельев О.В., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Романова Л.Н. Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира	23

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Богомолова Е.С., Котова Н.В., Максименко Е.О., Олюшина Е.А., Лангуев К.А., Кокурина Е.В. Гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся школ и гимназий г. Нижнего Новгорода	32
Яманова Г.А., Антонова А.А. Гигиеническая характеристика режима дня кадетов казачьего корпуса	40

ГИГИЕНА ТРУДА

Киёк О.В., Ёлкина В.Н., Енина Э.Ю. Оценка профессионального риска потери слуха у плавсостава ПАО «Новошип»	46
Корчин В.И., Корчина Т.Я. Характеристика психофизиологического состояния у мужского населения ХМАО в зависимости от профессиональной деятельности	52

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Цырулина О.А., Чемисова О.С., Носков А.К. Факторы патогенности <i>Vibrio vulnificus</i> . Обзор	59
Чекрыгина Е.В., Васильева О.В., Волюнкина А.С., Алехина Ю.А., Куличенко А.Н. Генетическое профилирование штаммов <i>Salmonella</i> Enteritidis, выделенных на территории ставропольского края в 2016–2019 гг.	66

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

«Да будет благо народа высшим законом»	72
Создание и развитие санитарной организации на земле Рязанской в первой половине XX века: исторические вехи	74

ЮБИЛЕИ

К 60-летию со дня рождения Евгения Леонидовича Борщука	78
--	----

Public Health and Life Environment – PH&LE / Volume 30, Issue 6, 2022

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND PUBLIC HEALTH

Ermolitskaya M.Z., Kiku P.F. The relationship between quality of life indicators and cancer incidence rates in the Primorsky Region	7
---	---

COMMUNAL HYGIENE

Kamenetskaya D.B. Silicon, its forms and methods of determination in water bodies: A review	15
Trifonova T.A., Saveliev O.V., Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Romanova L.N. Assessment of spring water quality in the city of Vladimir	23

PEDIATRIC HYGIENE

Bogomolova E.S., Kotova N.V., Maksimenko E.O., Olyushina E., Languev K.A., Kokurina E.V. Hygienic assessment of distance learning in schools and gymnasiums of Nizhny Novgorod	32
Yamanova G.A., Antonova A.A. Hygienic characteristics of the daily routine of cadets of the Cossack Corps	40

OCCUPATIONAL HEALTH

Kiyok O.V., Yolkina V.N., Enina E.Yu. Risk assessment of occupational noise-induced hearing loss among maritime personnel of Novoship PJSC	46
Korchin V.I., Korchina T.Ya. Occupation and psychophysiological status of the male population of the Khanty-Mansi Autonomous Area	52

EPIDEMIOLOGY

Tsyurulina O.A., Chemisova O.S., Noskov A.K. Pathogenicity factors of <i>Vibrio vulnificus</i> : A review	59
Chekrygina E.V., Vasilyeva O.V., Volynkina A.S., Alekhina Yu.A., Kulichenko A.N. Genetic profiling of <i>Salmonella</i> Enteritidis strains isolated in the Stavropol Region in 2016–2019	66

MARKING THE CENTENARY OF THE RUSSIAN SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SERVICE

“Let the commonweal be the supreme law”	72
Creation and development of the sanitary inspection on Ryazan land in the first half of the twentieth century: Historical milestones	74

ANNIVERSARIES

On the occasion of the 60th anniversary of Prof. Evgeni L. Borshchuk	78
--	----



Выявление взаимосвязи между показателями качества жизни населения и заболеваемостью злокачественными новообразованиями в Приморском крае

М.З. Ермолицкая¹, П.Ф. Кiku²

¹ ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН»,
ул. Радио, д. 5, г. Владивосток, 690041, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» Минобрнауки России, Школа
биомедицины, п. Аякс, д. 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Российская Федерация

Резюме

Введение. На территории Приморского края наблюдается устойчивый рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (за период с 2009 по 2019 г. на 26,1 %). Проведение статистического анализа взаимосвязи между показателями качества жизни и заболеваемостью населения способствует выделению значимых факторов риска, учет которых позволит совершенствовать комплекс мер, направленных на пропаганду здорового образа жизни, мотивацию к своевременному прохождению диспансеризации и скрининговых программ, с целью снижения уровня заболеваемости и смертности.

Цель исследования: выявление факторов риска, влияющих на заболеваемость злокачественными новообразованиями на территории Приморского края.

Материалы и методы. Исследование проводилось на основе статистических данных Федеральной службы государственной статистики и Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю за период с 2007 по 2019 г. При анализе данных использовали корреляционный и регрессионный анализы; для уменьшения размерности в данных – анализ главных компонент.

Результаты. Статистический анализ данных позволил выделить главные компоненты и выявить их взаимосвязи с заболеваемостью злокачественными новообразованиями по пяти нозологиям на территории Приморского края.

Заключение. На развитие онкологических заболеваний, помимо генетических предрасположенностей, существенное влияние оказывает образ жизни человека, что необходимо учитывать при разработке профилактических мероприятий по улучшению качества жизни и уменьшению заболеваемости населения на региональном уровне.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, заболеваемость, показатели качества жизни населения, статистическая обработка и анализ данных.

Для цитирования: Ермолицкая М.З., Кiku П.Ф. Выявление взаимосвязи между показателями качества жизни населения и заболеваемостью злокачественными новообразованиями в Приморском крае // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 7–14. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-7-14>

Сведения об авторах:

✉ **Ермолицкая** Марина Захаровна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории информационно-аналитических и управляющих систем и технологий ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН»; e-mail: ermmmz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2588-102X>.

Кiku Павел Федорович – д.м.н., профессор, зав. кафедрой общественного здоровья и профилактической медицины Школы биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» Минобрнауки России; e-mail: kiku.pf@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Кiku П.Ф.; сбор данных: Ермолицкая М.З.; анализ и интерпретация результатов: Ермолицкая М.З., Кiku П.Ф.; обзор литературы: Ермолицкая М.З.; подготовка рукописи: Ермолицкая М.З. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: работа выполнена в рамках госзадания № 0002-2022-0202. Тема: «Разработка передовых методов и технологий создания интеллектуальных информационных и управляющих систем».

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

Благодарности. Авторы выражают благодарность д.ф.-м.н., профессору Абакумову А.И. за научное руководство и помощь в подготовке текста статьи, а также д.м.н., профессору Апанасевичу В.И. за консультативное участие в процессе исследования.

Статья получена: 06.05.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликована: 30.06.22

The Relationship between Quality of Life Indicators and Cancer Incidence Rates in the Primorsky Region

Marina Z. Ermolitskaya¹, Pavel F. Kiku²

¹ Institute of Automation and Control Processes, 5 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

² School of Biomedicine, Far Eastern Federal University,
10 Ayaks Village, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Summary

Introduction: A steady increase in the incidence of malignant neoplasms was registered in the Primorsky Region in 2009–2019 with the rate rising by 26.1 %. The statistical analysis of the relationship between quality of life indicators and disease contributes to identifying significant risk factors, the consideration of which will improve the set of measures aimed at promoting a healthy lifestyle and encouraging regular medical checkups in order to reduce cancer incidence and mortality rates.

Objective: To establish external carcinogenic risk factors in the Primorsky Region.

Materials and methods: The study was conducted based on statistical data from the local offices of the Federal Service for State Statistics and the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for 2007–2019. We did correlation and regression analyses of the collected information and applied the principal component analysis to reduce dimensionality of the data.

Results: The statistical data analysis revealed the principal components and their association with the incidence of malignant neoplasms of five sites in the Primorsky Region.

Conclusion: In addition to genetic predispositions, the lifestyle strongly contributes to the development of cancer, which must be taken into account when elaborating appropriate preventive measures at the regional level.

Keywords: malignant neoplasms, incidence, quality of life indicators, statistical data processing and analysis.

For citation: Ermolitskaya MZ, Kiku PF. The relationship between quality of life indicators and cancer incidence rates in the Primorsky Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):7-14. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-7-14>

Author information:

✉ Marina Z. **Ermolitskaya**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Senior Researcher, Laboratory of Information, Analytical and Control Systems and Technologies, Institute of Automation and Control Processes; e-mail: ermmz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2588-102X>.

Pavel F. **Kiku**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Preventive Medicine, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; e-mail: kiku.pf@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>.

Author contributions: study conception and design: Kiku P.F.; data collection: Ermolitskaya M.Z.; analysis and interpretation of results: Ermolitskaya M.Z., Kiku P.F.; literature review: Ermolitskaya M.Z.; draft manuscript preparation: Ermolitskaya M.Z. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

Funding: The work was carried out within the topic “Development of Advanced Methods and Technologies for Creating Intelligent Information and Control Systems” of Government Assignment No. 0002-2022-0202.

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

Acknowledgements: The authors express their sincere gratitude to Prof. Alexander I. Abakumov for scientific guidance and assistance in drafting the manuscript and to Prof. Vladimir I. Apanasevich for counseling during the study.

Received: May 06, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Уровень заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований (ЗНО) в мире за последние 20 лет неуклонно растет. По данным Международного агентства по изучению рака (МАИР) число новых случаев за 2020–2021 гг. достигло 19,3 млн человек, число смертельных исходов – 10 млн человек. По прогнозам экспертов к 2040 году рост заболеваемости составит 29,5 млн случаев за год, показатель смертности вырастет до 16,4 млн. человек в год [1, 2].

В России в 2020 году в территориальных онкологических учреждениях на учете состояли 3 973 295 человек с установленным диагнозом злокачественного образования, умерло 291 461 человек; в 2019 году зарегистрировано 3 928 338 пациентов, 294 400 из них умерли. Процентный рост онкологических больных за последние 10 лет составил 22,9 %, что связано с увеличением продолжительности жизни, с интенсивным внедрением новых более совершенных методов диагностики.

Общий уровень заболеваемости в России по данным Минздрава РФ в 2020 году составил 379,65 случая на 100 тыс. населения; в 2019 году – 436,3 случая на 100 тыс. населения. Наибольший уровень заболеваемости зарегистрирован в Сахалинской области (490,82 случая на 100 тыс. населения), Самарской области (486,67), Орловской области (483,62), Архангельской области (477,87) и т. д. В Приморском крае в 2020 году выявлено 383,2 нового случая ЗНО на 100 тыс. населения (в 2019 году – 474 случая), показатель смертности от ЗНО составил 229,5 человека на 100 тыс. населения (в 2019 году – 243 случая¹). По оценкам экспертов, снижение показателей заболеваемости за 2020 год связано с падением выявляемости в условиях пандемии коронавируса COVID-19. Люди опасались проходить диагностику, больные реже обращались за помощью из-за риска заболеть коронавирусом.

Согласно статистическим данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований обусловлены не только генетическими, но и внешними факторами риска: питание, курение, употребление алкоголя, низкая физическая активность, загрязнение окружающей среды и т. д.

Изучение влияния факторов риска с учетом территориально-географических характеристик мест проживания дает возможность снижения уровня заболеваемости и смертности от ЗНО путем проведения профилактических мероприятий, направленных на укрепление здоровья и повышение качества жизни населения [3–18].

Цель исследования: выявление факторов риска, влияющих на заболеваемость злокачественными новообразованиями по пяти наиболее распространенным нозологиям на территории Приморского края.

Материалы и методы. Исследование проводилось на основе статистических данных о заболеваемости ЗНО по пяти наиболее выявленным нозологиям на территории Приморского края за период с 2007 по 2019 г. В качестве внешних факторов были выбраны показатели качества жизни населения с учетом загрязнения среды обитания (всего 40 показателей), которые можно разделить на три группы:

— социально-экономические индикаторы уровня жизни населения: доход (среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.), прожиточный уровень (величина прожиточного уровня в среднем на душу населения, руб. в месяц), коэффициент Джини, объем платных услуг населению в расчете на душу населения, жилье (введено в действие общей площади жилых домов и общежитий, тыс. м³), ВРП (валовой региональный продукт на душу населения), ИЧР (индекс человеческого развития), индекс образования, уровень безработицы, индекс потребительских цен (в разах к декабрю предыдущего года), численность врачей на 10 тыс. чел. населения, численность среднего медицинского персонала на 10 тыс. чел. населения, обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения;

— социально-гигиенические показатели (гигиена, загрязнение окружающей среды): объем используемой свежей воды (млн м³); сброс загрязненных сточных вод (млн м³); качество питьевой воды из водопроводной сети и нецентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим и микробиологическим показателям (в % нестандартных проб); наличие водопровода

¹ Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт: URL: <https://rosstat.gov.ru>

(удельный вес общей площади жилищного фонда края с водопроводом на конец года; %) и водоотведения (удельный вес общей площади жилищного фонда края с водоотведением на конец года; %); выбросы в атмосферу (выбросы в атмосферу ЗВ от стационарных источников, тыс. т); уловленные и обезвреженные загрязняющие вещества (тыс. т); доля неблагоприятных проб почвы по санитарно-химическим, микробиологическим и гигиеническим показателям (%); доля неблагоприятных проб почвы селитебной территории по санитарно-химическим показателям (%),

– потребление продуктов питания на душу населения в год: мясо и мясопродукты (кг), молоко и молокопродукты, хлебные продукты, картофель, овощи, фрукты и ягоды, сахар, масло растительное, рыба и рыбопродукты, яйца и яйцепродукты (шт.); доля расходов домашних хозяйств на покупку табачной продукции (%); потребление алкогольных напитков и пива на душу населения (л); стоимость условного набора продуктов питания (на конец декабря, руб.).

Численные значения перечисленных показателей были получены из материалов официального сайта Федеральной службы государственной статистики и Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю² [3, 19]. Выбор показателей обусловлен изучением результатов подобных исследований и наличием доступных данных.

В качестве программного продукта для обработки и анализа исходных данных использовали программу RStudio (Version 1.0.153). Проверка нулевых гипотез проводилась методом Р. Фишера на заданном уровне значимости 0,05. В ходе анализа данных были применены следующие методы: критерий Шапиро – Уилка для проверки принадлежности показателей к нормальному виду распределения; методы Пирсона и Спирмена для построения матриц корреляции. Для выявления показателей, влияющих на заболеваемость ЗНО, применяли регрессионный анализ (простую линейную регрессию), при этом использовали стандартизованные показатели заболеваемости по Приморскому краю. Анализ главных компонент (разложение Карунена – Лоева, PCA) использовали для снижения размерности в данных с сохранением наибольшего количества информации. Предварительно исходные данные были стандартизованы [20].

Результаты. По данным за период с 2015 по 2019 г. прирост зарегистрированных впервые в жизни выявленных случаев злокачественных новообразований в РФ составил 8,65 %. Наибольший прирост заболеваемости наблюдается среди женского населения – 9,26 %; среди мужского населения – 7,94 %. Кумулятивный риск развития злокачественного новообразования увеличился с 25,24 % в 2015 году до 26,25 % в 2019 году. При этом численность населения осталась практически на том же уровне (прирост составил 0,35 %). Показатель распространенности ЗНО в 2019 году составил 2677 случаев на 100 тыс. населения.

Локализация ЗНО значительно различается в зависимости от пола и возраста. Среди мужского населения ведущими локализациями являются кожа (13,1 %, кроме меланомы), молочная железа (11,6 %), трахея, бронхи, легкое (9,4 %), ободочная кишка (7,1 %), предстательная железа (7,1 %), желудок (5,7 %). Среди женского населения первое место в структуре заболеваемости злокачественными заболеваниями занимает рак молочной железы (21,2 %), далее следуют злокачественные новообразования кожи (15,2 %, кроме меланомы), тела матки (7,8 %), ободочной кишки (7,3 %), шейки матки (5,0 %).

В Приморском крае в 2019 году число пациентов, находящихся на учете в онкологических учреждениях, насчитывало 50 111 человек, 4617 из них умерло от злокачественных образований. Зарегистрировано 9019 новых случаев заболеваний. В 2015 году в онкологических учреждениях края на учете состояли 38 746 человек; зарегистрировано 7955 новых случаев заболеваний; 4369 человек умерло. В крае наблюдается рост заболеваемости и распространенности ЗНО. Среди женского населения заболеваемость выше, чем среди мужского: в 2019 году среди женщин зарегистрировано 492,8 случая злокачественных новообразований на 100 тыс. (426,5 в 2015 году), среди мужчин – 455,3 случая на 100 тыс. населения (396,1 в 2015 году).

Увеличение заболеваемости происходит на фоне неблагоприятной демографической ситуации в крае. Последние пять лет фиксируется падение рождаемости, опережающее снижение смертности населения: общий коэффициент естественной убыли на 1000 человек населения в 2019 году был равен 4, в 2015 году – 0,8. При этом наблюдается приток мигрантов и сокращение оттока жителей. Процесс старения населения края сопровождается увеличением продолжительности жизни. По сравнению с 2015 годом численность населения трудоспособного возраста уменьшилась на 70 386 человек, старше трудоспособного возраста увеличилась на 23 273 человека. По прогнозам специалистов «старение населения», рост диагностических возможностей и статистического учета в ближайшее время будут способствовать увеличению онкологической заболеваемости населения.

В структуре онкологической заболеваемости Приморского края наиболее выявляемыми злокачественными образованиями являются: ЗНО кожи (кроме меланомы) (13,5 %), трахеи, бронхов, легкого (11,5 %), молочной железы (10,6 %), ободочной кишки (6,7 %) и предстательной железы (5,8 %). При этом у мужчин и у женщин структура заболеваемости ЗНО различна (рис. 1).

Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями в Приморском крае согласуются с данными по России (рис. 2).

При анализе взаимосвязи заболеваемости ЗНО и взятыми нами показателями, характеризующими качество жизни населения, было выявлено следующее. Наибольшие значения коэффициента корреляции были получены между заболеваемостью и следующими социально-экономическими показателями:

² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2020 году». Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 324 с.

– ЗНО молочной железы – обеспеченность больничными койками ($r = -0,86$), жилье ($r = -0,49$), индекс потребительских цен ($r = 0,45$), уровень безработицы ($r = 0,44$);

– ЗНО трахеи, бронхов, легкого – численность врачей ($r = -0,61$), жилье ($r = -0,54$), коэффициент Джини ($r = -0,54$), обеспеченность больничными койками ($r = -0,48$);

– ЗНО желудка – ИЧР ($r = -0,92$), ВРП ($r = -0,85$), платные услуги населению ($r = -0,84$), индекс образования ($r = -0,81$), обеспеченность больничными койками ($r = -0,73$);

– ЗНО ободочной кишки – ВРП ($r = 0,85$), доход ($r = 0,84$), платные услуги населению ($r = -0,82$), стоимость условного набора продуктов питания ($r = 0,81$), индекс образования ($r = 0,79$);

– ЗНО поджелудочной железы – ВРП ($r = 0,76$), доход ($r = 0,75$), стоимость условного набора продуктов питания ($r = 0,73$), прожиточный уровень ($r = 0,72$), индекс образования ($r = 0,7$);

между заболеваемостью и социально-гигиеническими и экологическими показателями:

– ЗНО молочной железы – наличие водопровода ($r = -0,65$), загрязнение почвы по санитарно-химическим показателям ($r = -0,59$), выбросы в атмосферу ($r = 0,46$);

– ЗНО трахеи, бронхов, легкого – объем использованной воды ($r = -0,79$), нецентрализованное водоснабжение (микробиологические показатели) ($r = -0,65$), загрязнение почвы по санитарно-химическим показателям ($r = -0,44$);

– ЗНО желудка – наличие водопровода ($r = -0,88$), выбросы в атмосферу ($r = 0,87$), загрязнение почвы по микробиологическим показателям ($r = -0,45$);

– ЗНО ободочной кишки – водопроводная вода (микробиологические показатели) ($r = -0,82$), сброс сточных вод ($r = -0,76$), выбросы в атмосферу ($r = -0,68$), загрязнение почвы по санитарно-химическим показателям ($r = -0,5$);

– ЗНО поджелудочной железы – водопроводная вода (микробиологические показатели) ($r = -0,77$), сброс сточных вод ($r = -0,64$), наличие водопровода ($r = 0,63$), выбросы в атмосферу ($r = -0,61$), загрязнение почвы по санитарно-химическим показателям ($r = -0,46$);

между заболеваемостью и потреблением продуктов питания:

– ЗНО молочной железы – рыба ($r = 0,51$), растительное масло ($r = 0,5$), молоко ($r = -0,47$), мясо ($r = -0,46$);

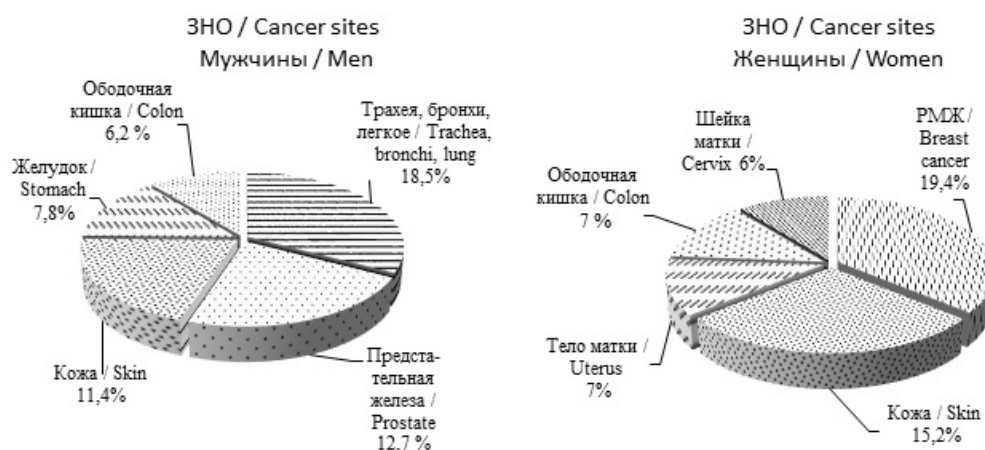


Рис. 1. Наиболее выявляемые злокачественные новообразования у мужчин и женщин в Приморском крае по данным за 2019 год (% от заболевших ЗНО)

Fig. 1. Most prevalent malignant neoplasms in men and women in the Primorsky Region in 2019 (% of cancer cases)

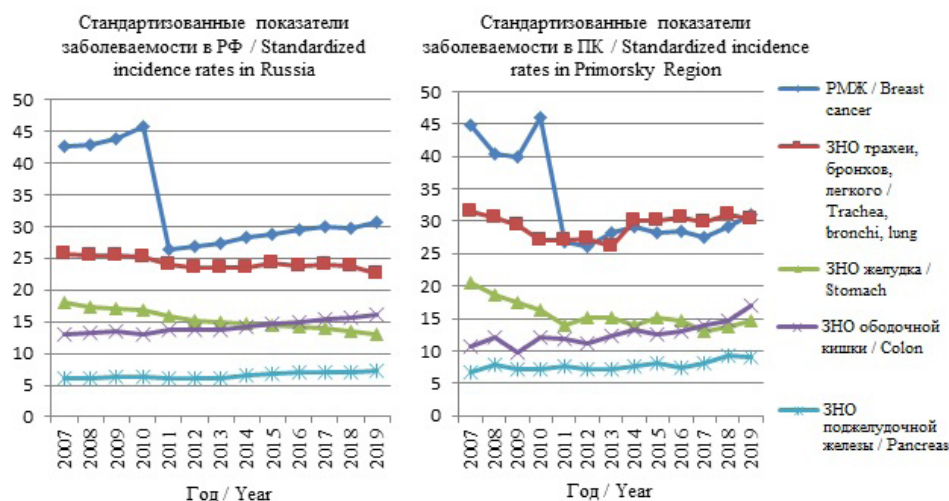


Рис. 2. Динамика стандартизованных показателей по пяти классам болезней по Приморскому краю и России в целом

Fig. 2. Standardized incidence rates for cancer of five sites in the Primorsky Region and the Russian Federation

– ЗНО трахеи, бронхов, легкого – овощи ($r = -0,69$), картофель ($r = -0,55$), сахар ($r = 0,49$), алкоголь ($r = -0,34$), табак ($r = 0,2$);

– ЗНО желудка – мясо ($r = -0,88$), фрукты ($r = -0,84$), яйца ($r = -0,84$), молоко ($r = -0,83$), алкоголь ($r = 0,43$);

– ЗНО ободочной кишки – яйца ($r = 0,79$), молоко ($r = 0,73$), мясо ($r = 0,73$), алкоголь ($r = -0,48$);

– ЗНО поджелудочной железы – овощи ($r = -0,68$), картофель ($r = -0,62$), мясо ($r = 0,62$), алкоголь ($r = -0,53$).

Отбор значимых показателей, влияющих на показатели заболеваемости ЗНО по пяти классам болезней, осуществлялся с помощью простой линейной регрессии. В результате получили, что все взятые нами показатели по отдельности взаимосвязаны с показателями заболеваемости.

Для уменьшения размерности данных без значительной потери информации воспользовались методом главных компонент. В качестве исходных данных использовали матрицу корреляции. Согласно критерию Кайзера – Гутмана и правила Р. Кеттелла для характеристики набора данных достаточно извлечь 3–4 главные компоненты, которые объясняют 72 % общей дисперсии исходных данных. При этом первая компонента объясняет 37 %, вторая – 15 %, третья – 13 %, четвертая – 6 %.

В табл. 1 представлены результаты анализа с тремя выделенными главными компонентами. В первую компоненту вошли социально-экономические показатели. PC1 положительно коррелирует с показателями: ВРП на душу населения (коэффициент корреляции – 0,99), доход (0,98), платные услуги населению (0,98), ИЧР (0,98). Наименьшая связь имеется с показателями медицинского обслуживания населения. Вторая компонента содержит социально-гигиенические показатели (гигиена, загрязнение окружающей среды). Наибольшее влияние оказывают санитарно-химические показатели нецентрализованного водоснабжения (0,93), выбросы в атмосферу (–0,92); наименьшее – загрязнение почвы по гигиеническим показателям (0,04), наличие водоотведения (–0,07), микробиологические показатели нецентрализованного водоснабжения (0,10). В третью компоненту вошли показатели потребления продуктов питания. Сильная положительная корреляция наблюдается с показателями потребления молока (0,97), яиц (0,96), мяса (0,94); слабая – с потреблением хлебных продуктов (0,18).

При выделении четырех главных компонент происходит следующее: первая компонента, отвечающая за социально-экономические показатели качества жизни населения, делится в свою очередь на две главные компоненты таким образом: во вторую компоненту входят показатели (PC₁₂) – коэффициент Джини, жилье, численность врачей, численность среднего медицинского персонала, обеспеченность больничными койками; в первую компоненту (PC₁₁) – все остальные показатели. Показатели в PC₂ и PC₃ остаются прежними.

С помощью регрессии на главные компоненты были построены линейные модели для показателей заболеваемости ЗНО по пяти классам болезней (табл. 2).

В ходе регрессионного анализа получили схожие результаты по заболеваемости РМЖ

и ЗНО желудка. Выявлена обратная значимая связь заболеваемости с первыми двумя главными компонентами в отдельности (социально-экономическими (PC₁) и социально-гигиеническими показателями (PC₂)) и прямая значимая связь с третьей главной компонентой (потребление продуктов питания (PC₃)).

Обратная ситуация с заболеваемостью ЗНО ободочной кишки и поджелудочной железы: обнаружена прямая связь с первой главной компонентой и обратная с третьей главной компонентой.

На заболеваемость ЗНО трахеи, бронхов, легкого оказывают влияние социально-экономические факторы (PC₁₂) с учетом потребления отдельных продуктов питания (овощи, картофель, сахар, алкоголь и табачные изделия).

Обсуждение. В результате данного исследования выявлены взаимосвязи заболеваемости злокачественными новообразованиями по пяти наиболее распространенным нозологиям с факторами риска на территории Приморского края. С помощью анализа главных компонент исследуемые показатели сгруппированы в четыре компоненты, которые объясняют 72 % общей дисперсии исходных данных. Первые две компоненты характеризуют социально-экономические условия жизни населения; третья компонента включает социально-гигиенические показатели (гигиена, загрязнение окружающей среды); четвертая компонента содержит показатели потребления продуктов питания.

Выявлена обратная зависимость между заболеваемостью РМЖ и ЗНО желудка с социально-экономическими, социально-гигиеническими показателями и прямая зависимость с потреблением продуктов питания; по заболеваемости ЗНО ободочной кишки и поджелудочной железы выявлена прямая зависимость с социально-экономическими показателями и обратная с потреблением продуктов питания; по заболеваемости ЗНО трахеи, бронхов, легкого – прямая зависимость с социально-экономическими показателями и с потреблением отдельных продуктов питания (овощи, картофель, сахар, алкоголь и табачные изделия).

Проведенное нами исследование отличается от других [4–11] набором исследуемых показателей (всего 40), временным интервалом (2007–2019 гг.) и территориальной принадлежностью. При использовании регрессионного анализа не было получено качественных моделей со всеми компонентами. Для построения прогнозных моделей необходимо применить другие методы математического моделирования и машинного обучения, что и предполагается выполнить в дальнейшем.

Заключение. Результаты данного исследования подтверждают тот факт, что образ жизни человека наряду с уровнем материального благосостояния оказывают влияние на заболеваемость населения. Это необходимо учитывать при разработке профилактических мероприятий на региональном уровне. Формирование системы мотивации к здоровому образу жизни способствует снижению заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований, что согласуется с основной задачей федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография».

Таблица 1. Результаты анализа главных компонент

Table 1. Results of the principal component analysis

Главные компоненты / Principal components	Показатели / Indicators	Факторные нагрузки / Loading	Общность / Communalities	Коэффициенты для главных компонент / Scores
PC ₁	Доход / Income	0,336	0,961	1,613
	Прожиточный уровень / Subsistence level	0,332	0,914	1,555
	Коэффициент Джини / Gini coefficient	0,082	0,156	-0,248
	Платные услуги населению / Paid services to population	0,329	0,967	1,599
	Индекс потребительских цен / Consumer price index	-0,227	0,388	-3,136
	Стоимость условного набора продуктов питания / Minimum food basket cost	0,329	0,9476	1,588
	ВРП на душу населения / Gross regional product per capita	0,334	0,979	1,627
	ИЧР / Human development index	0,319	0,957	1,571
	Индекс образования / Education index	0,330	0,927	1,562
	Уровень безработицы / Unemployment rate	-0,320	0,811	-3,972
	Жилье / Housing	0,114	0,249	0,059
	Численность врачей / Number of doctors	-0,180	0,158	-2,594
	Численность среднего медицинского персонала / Number of paramedical personnel	-0,058	0,009	-1,609
	Обеспеченность больничными койками / Availability of hospital beds	0,168	0,360	0,386
PC ₂	Объем использованной воды / Volume of water used	0,062	0,027	0,302
	Сброс сточных вод / Waste water discharge	-0,355	0,624	-1,861
	Водопроводная вода (санитарно-химические показатели) / Tap water (chemical indicators)	0,320	0,530	1,624
	Водопроводная вода (микробиологические показатели) / Tap water (microbiological indicators)	-0,312	0,482	-1,639
	Нецентрализованное водоснабжение (санитарно-химические показатели) / Non-centralized water supply (chemical indicators)	0,405	0,862	2,066
	Нецентрализованное водоснабжение (микробиологические показатели) / Non-centralized water supply (microbiological indicators)	0,036	0,011	0,167
	Наличие водопровода / Availability of plumbing/running water	0,347	0,618	1,761
	Наличие водоотведения / Availability of sewage	-0,035	0,004	-0,205
	Выбросы в атмосферу / Air emissions	-0,409	0,855	-2,150
	Уловленные выбросы / Captured emissions	-0,402	0,842	-2,117
	Загрязнения почвы на жилой территории по санитарно-химическим показателям / Chemical soil pollution in the residential area	0,135	0,111	0,682
	Загрязнение почвы по санитарно-химическим показателям / Chemical soil pollution	0,141	0,119	0,711
	Загрязнение почвы по микробиологическим показателям / Microbiological soil contamination	0,129	0,093	0,641
	Загрязнение почвы по гигиеническим показателям / Soil pollution according to hygienic indicators	0,008	0,001	0,018
PC ₃	Доля расходов на покупку табачной продукции / Share of tobacco expenditure	-0,153	0,183	-0,472
	Потребление алкоголя на душу населения / Alcohol consumption per capita	0,268	0,336	2,215
	Мясо / Meat	-0,354	0,891	-1,795
	Молоко / Milk	-0,370	0,941	-1,877
	Яйца / Eggs	-0,371	0,913	-1,853
	Хлебные продукты / Bread products	-0,025	0,033	0,254
	Картофель / Potato	0,260	0,309	2,158
	Овощи / Vegetables	0,308	0,478	2,494
	Фрукты, ягоды / Fruits, berries	-0,332	0,818	-1,671
	Сахар / Sugar	-0,252	0,447	-1,099
	Масло растительное / Vegetable oil	0,327	0,786	2,854
	Рыба и рыбопродукты / Fish and fish products	-0,247	0,556	-1,208

Примечание: общность (component communalities) – доля учтенной компонентой дисперсии каждой переменной.

Note: Community (component communalities) is the proportion of the variance taken into account by the component of each variable.

Таблица 2. Коэффициенты регрессии при главных компонентах и соответствующие им уровни значимости

Table 2. Regression coefficients for the principal components and their respective significance levels

Компоненты / Components	РМЖ / Breast cancer; Estimate / p-value	ЗНО трахеи, бронхов, легкого / Cancer of trachea, bronchi, lung; Estimate / p-value	ЗНО желудка / Stomach cancer; Estimate / p-value	ЗНО ободочной кишки / Colon cancer; Estimate / p-value	ЗНО поджелудочной железы / Pancreas cancer; Estimate / p-value
PC ₁	-0,0465 (0,004)	0,003 (0,595)	-0,033 (0,0009)	0,036 (0,0004)	0,020 (0,007)
PC ₁₁ + PC ₁₂	-0,036 (0,011) + 0,427 (0,030)	0,008 (0,126) + 0,190 (0,015)	-0,028 (0,002) + 0,215 (0,049)	0,037 (0,0009) + 0,071 (0,553)	0,023 (0,007) + 0,085 (0,403)
PC ₂	-0,119 (0,0002)	-0,004926 (0,683)	-0,074 (0,0005)	0,04587 (0,0854)	0,02328 (0,212)
PC ₃	0,931 (0,022)	-0,014 (0,289)	0,070 (0,0095)	-0,07392 (0,00807)	-0,04725 (0,0145)
PC ₁ + PC ₂ + PC ₃	-0,028 (0,316) – 0,108 (0,019) – 0,058 (0,372)	-0,003 (0,777) – 0,032 (0,087) – 0,049 (0,098)	-0,027 (0,143) – 0,049 (0,074) – 0,034 (0,409)	0,057 (0,009) – 0,040 (0,142) + 0,021 (0,623)	0,027 (0,105) – 0,035 (0,146) – 0,0152 (0,678)
PC ₁₁ + PC ₁₂ + PC ₂ + PC ₃	0,041 (0,449) + 0,928 (0,175) + 0,038 (0,728) + 0,216 (0,289)	0,013 (0,604) + 0,247 (0,423) + 0,008 (0,875) + 0,02 (0,831)	0,005 (0,892) + 0,464 (0,281) + 0,026 (0,714) + 0,099 (0,445)	0,063 (0,139) + 0,098 (0,838) – 0,024 (0,767) + 0,045 (0,757)	-0,011 (0,723) – 0,517 (0,189) – 0,116 (0,092) – 0,168 (0,166)

Список литературы

- ВОЗ. Рак. 2021, март. [Электронный ресурс]. Дата доступа: 15.04.2022. <http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7-30. doi: 10.3322/caac.21590
- Prasad V. Our best weapons against cancer are not magic bullets. *Nature.* 2020;577(7791):451. doi: 10.1038/d41586-020-00116-2
- Parkin DM, Boyd L, Walker LC. 16. The fraction of cancer attributable to lifestyle and environmental factors in the UK in 2010. *Br J Cancer.* 2011;105(Suppl 2):S77-81. doi: 10.1038/bjc.2011.489
- Нурманова А., Султанова З.И., Аннаоразов Б.А. Факторы и их роль в заболеваемости, смертности, выживаемости при раке молочной железы // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2018. № 1. С. 112–114.
- Французова И.С. Анализ факторов риска развития рака молочной железы // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 68–74. doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011
- Юдин С.В., Маслов Д.В. Влияние антропогенных факторов на онкологическую заболеваемость населения Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал. 2004. № 3 (17). С. 46–49.
- Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP Jr, et al. Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(1):87-95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
- Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case-control study. *Occup Environ Med.* 2002;59(4):257-262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
- Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem.* 2017;12(5):779-791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
- Писарева Л.Ф., Ляхова Н.П., Перинов Д.А., и др. Заболеваемость раком молочной железы и смертность от него коренного и пришлого населения республики Бурятия // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 2. С. 62–67.
- Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med.* 2004;23(7):1111-1130. doi: 10.1002/sim.1668
- Elwood JM, Tawfiq E, TinTin S, et al. Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer.* 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x

- Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J.* 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
- Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkhan R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: A machine learning approach. *Research Square.* [Preprint] 2020. Accessed June 24, 2022. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
- Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: A Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15(4):1557-1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
- Foerster R, Foerster FG, Wulff V, et al. Matched-pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer.* 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335
- Ермолицкая М.З., Кикю П.Ф., Абакумов А.И. Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 16–22. doi:10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22
- Глазунов В.А. Локализация опухоли при раке молочной железы по данным микроволновой термометрии с использованием искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2021. № 11 (83). С. 288–296.
- Кабаков Р.И. Р в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. / Пер. с англ. П.А. Волковой. М.: ДМК Пресс, 2014. 358 с.

References

- World Health Organization. Cancer. February 3, 2022 [online resource]. Accessed: June 24, 2022. <http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7-30. doi: 10.3322/caac.21590
- Prasad V. Our best weapons against cancer are not magic bullets. *Nature.* 2020;577(7791):451. doi: 10.1038/d41586-020-00116-2
- Parkin DM, Boyd L, Walker LC. 16. The fraction of cancer attributable to lifestyle and environmental factors in the UK in 2010. *Br J Cancer.* 2011;105(Suppl 2):S77-81. doi: 10.1038/bjc.2011.489
- Nurmanova A, Sultanova ZI, Anaorazov YA. Factors and their role in morbidity, mortality, survival in mammary cancer. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta.* 2018;(1):112-114. (In Russ.)
- Frantsuzova IS. Analysis of risk factors of breast cancer development. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal.* 2019;(3(81)):68-74. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011

7. Yudin SV, Maslov DV. Anthropogenic factors and oncological morbidity in Primorsky Region. *Tikhookeanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2004;(3(17)):46-49. (In Russ.)
8. Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP Jr, et al. Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2009;18(1):87-95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
9. Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case-control study. *Occup Environ Med*. 2002;59(4):257-262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
10. Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem*. 2017;12(5):779-791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
11. Pisareva LF, Lyakhova NP, Perinov DA, et al. Breast cancer incidence and mortality rates in native and alien populations of the Republic of Buryatia. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(2):62-67. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192202162
12. Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med*. 2004;23(7):1111-1130. doi: 10.1002/sim.1668
13. Elwood JM, Tawfiq E, TinTin S, et al. Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer*. 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x
14. Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J*. 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
15. Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkhan R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: A machine learning approach. *Research Square*. [Preprint] 2020. Accessed June 24, 2022. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
16. Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: A Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2014;15(4):1557-1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
17. Foerster R, Foerster FG, Wulff V, et al. Matched-pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer*. 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335
18. Ermolitskaya MZ, Kiku PF, Abakumov AI. Breast cancer mortality in the Primorsky Region: Data analysis and modeling. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(11):16–22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22
19. Glazunov VA. Tumor localization in case of breast cancer according to microwave thermometry using artificial neural networks. *Inzhenernyy Vestnik Dona*. 2021;(11(83)):288–296. (In Russ.)
20. Kabacoff RI. *R in Action. Data Analysis and Graphics with R*. Transl. by Volkova PA. Moscow: DMK Press Publ.; 2014. (In Russ.)





Кремний в природных водных объектах: формы соединений и методы контроля (обзор)

Д.Б. Каменецкая

ФГБУ «Центр стратегического планирования и медико-биологических рисков здоровью»
ФМБА России, ул. Погодинская, д. 10, стр. 1, г. Москва, 191121, Российская Федерация

Резюме

Введение. Особенности присутствующих форм соединений кремния в природных водах, а также вновь установленные нормативы его содержания в питьевой воде, согласно СанПиН 2.1.4.3685–21, поднимают вопрос об оптимальных и доступных методах определения кремния для реализации на практике контроля качества питьевой воды, поступающей населению.

Цель исследования: обобщить и систематизировать сведения о формах соединений кремния и методах их количественного определения в питьевой воде и источниках питьевого водоснабжения.

Материалы и методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения и анализа материалов научных статей, публикаций и обзоров, представленных в реферативных базах данных Scopus и РИНЦ за период 1923–2020 гг. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о наличии кремния в питьевой воде и источниках питьевого водоснабжения, форм соединений кремния и методах их количественного определения. Первоначальная выборка составила 57 статей, из них 14 были исключены из выборки после первичного анализа. В результате было отобрано 43 публикации, удовлетворяющие вышеуказанным критериям.

Результаты. Проведенное обобщение и систематизация результатов научного поиска показали, что преобладающими формами кремнийсодержащих соединений, присутствие которых характерно для большинства природных водных объектов, являются мономерно-димерные виды кремниевых кислот и растворимые силикат-ионы.

Заключение. Для воды источников питьевого водоснабжения оптимальным является фотометрический метод измерения концентраций кремния в виде желтой формы кремнемолибденовой гетерополиокислоты.

Ключевые слова: формы соединений кремния; природные воды; методы контроля.

Для цитирования: Каменецкая Д.Б. Кремний в природных водных объектах: формы соединений и методы контроля (обзор) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 15–22. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-15-22>

Сведения об авторе:

✉ Каменецкая Дарья Борисовна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела физико-химических исследований и экотоксикологии; e-mail: d.kamenetskaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9050-3757>.

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

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

Благодарность: автор выражает благодарность Наталье Александровне Егоровой, ведущему научному сотруднику Центра стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, за важные замечания и ценные комментарии к рукописи.

Статья получена: 07.12.21 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Silicon, Its Forms and Methods of Determination in Water Bodies: A Review

Daria B. Kamenetskaya

Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks,
Bldg 1, 10 Pogodinskaya Street, Moscow, 191121, Russian Federation

Summary

Background: Characteristics of silicon and its compounds found in water bodies and recently updated standards for their content in drinking water regulated by Russian Sanitary Rules and Norms SanPiN 2.1.4.3685–21, Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors for humans, necessitate optimal and affordable methods of determination of silicon for drinking water quality control purposes.

Objective: To summarize published data on the forms of silicon and methods of their quantitative determination in source and drinking water.

Materials and methods: Information and analytical methods based on summarization and analysis of data of scientific papers published in 1923–2020 and cited by Scopus and RSCI international scientometric databases were applied. The search terms included silicon, drinking water, silicon compounds, and methods of quantitative determination. The initial sample consisted of 57 articles, of which 14 were excluded after primary screening and 43 publications compliant with selection criteria were reviewed.

Results: Published data summarization has demonstrated the prevalence monomeric and dimeric species of silicic acid and soluble silicate ions in most water bodies.

Conclusion: The silicomolybdic acid spectrophotometry is the method of choice for determination of silicon concentrations in source water.

Keywords: silicon compounds, water bodies, determination methods.

For citation: Kamenetskaya DB. Silicon, its forms and methods of determination in water bodies: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):15–22. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-15-22>

Author information:

✉ Daria B. Kamenetskaya, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Physicochemical Research and Ecotoxicology, Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Russian Federal Medicobiological Agency; e-mail: d.kamenetskaya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9050-3757>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

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

Funding: The author 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.

Acknowledgement: The author expresses gratitude to Natalia A. Egorova, Leading Researcher of the Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, for her important remarks and valuable comments on the manuscript.

Received: December 07, 2021 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Широкое распространение кремния в литосфере нашей планеты составляет около 30 % от массы земной коры, что сопоставимо с суммарным содержанием алюминия, железа, кальция, натрия, калия и магния. Кремний не встречается как отдельный элемент, а входит в состав различных пород в виде соединений с кислородом (SiO_2) [1].

Распространенность кремния в гидросфере Земли, где в общем элементном составе поверхностных, подземных и почвенных вод он занимает 5-е место и 13-е — в водах мирового океана, связана, прежде всего, со слабой растворимостью присутствующих в земной коре кремний содержащих пород. Основным источником кремния в природных водах являются процессы химического выветривания кремнистых минералов и растворение менее устойчивых пород, образованных останками диатомей (диатомит), кремниевых губок (спонгин), а также других тонкопористых пород (трепел, опока) [2, 3]. Содержание кремния в поверхностных пресных водах составляет в среднем 1–20 мг/дм³, в то время как в подземных высоко минерализованных источниках (особенно термальных) может достигать 1000 мг/дм³.

Кремний не обладает высокими миграционными способностями в гидросфере Земли. По интенсивности водной миграции он относится к слабо подвижным элементам, и его можно отнести к элементам, относительно накапливающимся в природной системе [4, 5].

Отмеченные выше особенности физико-химических свойств и механизмы миграции кремния в лито- и гидросфере определяют многообразие форм кремнийсодержащих соединений в природных водах. К числу растворимых относятся ортокремниевая кислота и моносиликаты-ионы (силикаты металлов), также могут присутствовать ортокремниевые и метакремниевые кислоты в форме димерных соединений и олигокремниевые кислоты. Ортокремниевые и олигокремниевые кислоты благодаря своей неустойчивости легко подвергаются конденсации с выделением воды и образованием поликремниевых кислот, такой процесс полимеризации может приводить к образованию коллоидных растворов (гидрозолей) [6, 7]. Кроме того, в природных поверхностных водах могут находиться формы кремниевых кислот, связанные с органическими веществами, что характерно для водных объектов с повышенным содержанием гумусовых веществ.

Необходимость выбора оптимального метода контроля содержания кремния в источниках питьевого водоснабжения определяется тем, что именно с водой в организм человека ежедневно поступает 20–30 % от суточной потребности кремния, а его биологическая доступность определяется присутствующими в воде формами кремниевых кислот. Так, например, наиболее легко диффундирует через мембраны и проникает в кровеносную систему ортокремниевая кислота, в отличие от поликислот, подвижность и большие размеры которых ограничивают их всасываемость [1, 8, 9].

Цель исследования: анализ литературных данных по формам соединений кремния и методам их количественного определения в питьевой воде и источниках питьевого водоснабжения.

Материалы и методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения

и анализа материалов научных статей, публикаций и обзоров, представленных в реферативных базах данных Scopus и РИНЦ за период 1923–2020 гг. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о наличии кремния в питьевой воде и источниках питьевого водоснабжения, формах соединений кремния и методах их количественного определения. Первоначальная выборка составила 57 статей, из них 14 были исключены из выборки после первичного анализа. В результате было отобрано 43 публикации, удовлетворяющие вышеуказанным критериям.

Результаты

Исследования форм соединений кремния, присутствующих в природных водных объектах. Присутствие кремнийсодержащих соединений в виде мономерных и димерных форм, включая силикат-ионы, посвящено большое количество работ [10–17]. В частности, следует отметить масштабное исследование, проведенное на территории Украины. При изучении содержания и форм нахождения соединений кремния в поверхностных водных объектах с различными физико-географическими условиями, гидрофизическими характеристиками и составом растворенных химических веществ обнаружено, что 93–99 % растворимого кремния в исследованных водоемах и водотоках находится в нейтральной фракции, которая представлена мономерно-димерными формами кремниевой кислоты на 90–99 %. Тогда как доля анионной фракции растворимого кремния, преимущественно в виде анионов $(\text{H}_3\text{SiO}_4)^-$, составляет всего 1–6 % [10].

Образование мономерно-димерных форм кремния в природных поверхностных водах подтверждают независимые исследования Хорошилова А.В. [11] и Федотова Р.В. и др. [12], в которых отмечается, что доля димера $\text{Si}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в смеси молекулярной ортокремниевой кислоты и ее полимеров может достигать 50 %. Авторы обращают внимание на то, что в водных растворах кремниевая кислота может находиться в молекулярно-растворенной форме в виде следующих соединений и ионов: H_4SiO_4 , H_3SiO_4^- , $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$, HSiO_4^{3-} , SiO_4^{4-} , соотношение которых определяется константами диссоциации для каждой ступени [11, 12].

Изучение соединений кремния, присутствующих в подземных природных водных объектах, форм, в виде которых происходит его миграция, объединяют исследования, проведенные в разные годы в восточных регионах России [13–15]. Так, по результатам термодинамической при исследовании подземных вод в зоне инфильтрационного влияния золоотвала Читинской ТЭЦ-1 установлено, что миграция кремния происходит в основном в виде димерной ортокремниевой кислоты и ее низкозарядных ионов [13]. Стеблевским В.И. и соавт. [15] при изучении состава природных подземных вод Тунгусского месторождения г. Хабаровска обнаружено одновременное присутствие полностью гидратированной ортокремниевой кислоты и молекулярной формы метакремниевой кислоты, что подтверждено исследованиями состава вод пяти минеральных источников в республике Бурятия [15].

Dietzel M. [16] при изучении кремний содержащих растворов, смоделированных путем растворения твердых частиц кремнистых минералов, приводятся данные о присутствии в них молекул

кремнезема, связанных силоксановыми связями, которые со временем инициируют образование поликремниевой кислоты. Отдельно в работе проведена оценка влияния водородного показателя (рН), температуры и вида растворенных компонентов, характерных для большинства природных вод, на процесс деполимеризации поликремниевой кислоты. Отмечается, что поликремниевая кислота может разлагаться до мономера в речной и морской воде в течение нескольких часов или дней, поэтому в большинстве природных вод кремниевая кислота состоит из мономерных видов. В то же время в водах с низкими значениями рН и большим количеством двухвалентных катионов поликремниевая кислота может существовать в качестве метастабильного компонента в течение нескольких месяцев [16].

О важности рН водной среды как одного из наиболее значимых показателей, влияющих на преобладание той или иной формы растворенного кремния, указывает еще в 1982 г. в своей работе Айлер Р. [17], что в дальнейшем подтверждается современными исследователями. Сегодня изучению условий, влияющих на присутствие различных форм соединений кремния, в том числе на процесс полимеризации, посвящено большое количество работ. Среди них исследование свойств кремнезелей, в котором отмечается, что в кислом диапазоне рН и при низких концентрациях кремнийсодержащих соединений наиболее стабильной формой кремния является молекулярная ортокремниевая кислота, однако смещение рН в нейтральную или слабощелочную область инициирует процесс полимеризации с образованием моно- и дикремниевых кислот [18]. Дальнейшее увеличение рН с совместным повышением концентрации соединений кремния ведет к ускорению процесса поликонденсации поликремневых кислот и, соответственно, увеличению размера коллоидных частиц [19–21].

Важно отметить, что метакремниевая кислота, в виде которой часто обозначается присутствие кремния в минерально-солевом составе воды, правильнее представлять не молекулярной формой, а неким полимером, который может быть описан формулой $(\text{SiO}_2)_n \times m\text{H}_2\text{O}$. Она легко образует пересыщенные растворы, в которых происходит ее полимеризация и переход в коллоидное состояние, при этом скорость образования геля растет с увеличением рН [7].

Еще одним из условий, инициирующих изменение форм соединений кремния, в частности гелеобразование (полимеризацию), является присутствие в воде органических веществ. Так, в исследованиях коллектива авторов изучены химические процессы, протекающие при контакте кремнекислородных соединений (кварцевый песок, глина, диатомит) с наиболее реакционно-способными компонентами гумусовых веществ — гуминовыми кислотами, и образующиеся при этом продукты. В работе в том числе установлено, что образующиеся в присутствии гуминовых веществ органические производные кремния разлагаются с образованием растворимых форм кремнезема, таких как моно- и олигокремниевые кислоты, которые при длительном стоянии растворов приводят к образованию коллоидных поликремниевых кислот, т. е. к инициации процесса гелеобразования [21].

Нельзя не учитывать такие источники поступления соединений кремния в поверхностные водные объекты, как почвенные воды, в формировании состава которых значимую долю занимают болотные воды и торфяные залежи.

Формы соединений, в которых кремний присутствует в почве, проанализированы в работах [22, 23]. В материалах отражено, что основными соединениями, постоянно присутствующими в почвенных растворах, являются монокремниевая и поликремниевая кислоты, а также кремнийорганические соединения. Количество растворимых кремниевых соединений в почвах определяется наличием аморфного кремнезема как наиболее растворимой минеральной формы кремния. В то же время водная миграция кремния из торфяных залежей происходит за счет подвижных форм этого элемента (ионные формы кремниевой кислоты), которые присутствуют как в сильно-кислых, так и щелочных водах характерных для разных типов торфов (торфяных болот). Однако его миграция внутри залежей происходит в большей степени в виде коллоидных систем [24]. Значимую роль в определении формы миграции кремния определяют как виды почв, так и минерализация природных вод и удельный вес солей кремния в составе. В частности, при низкой минерализации и увеличении относительного удельного веса силикатов в общем минеральном балансе природных вод таежно-лесной зоны Примагданья миграция кремния в поверхностные воды происходит в виде растворенных кремниевых кислот [25].

О том, что степень полимеризации кремниевых кислот существенно зависит от кислотности среды, свидетельствуют исследования Камбалиной М.Г. и др. при изучении видов кремния в богатых органическими веществами водах. Проведенное сканирование спектрофотометрических измерений исследуемых водных растворов показало отсутствие стабильных комплексов кремния с фульвокислотами и гуминовыми кислотами в слабокислых средах ($\text{pH} \leq 7$), что подтверждают исследования болотных вод Томской области, где обнаружены только мономерно-димерные и полимерные формы кремниевых кислот [26].

Обобщая представленные материалы, можно говорить о том, что в поверхностных и подземных природных водных объектах формы кремнийсодержащих соединений определяются гидрологическим режимом, в том числе гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками водоемов, а также минеральным составом подстилающих горных пород. Соотношение присутствующих в природных водах соединений кремния, включая растворенные, взвешенные или коллоидные, определяется такими факторами как рН, температура и минеральный состав воды.

В случае если в область водосборного бассейна водного объекта входят заболоченные территории или торфяники, обладающие слабокислой средой, водоток с них не сможет сдвинуть рН основного водного объекта в сильно кислую сторону, а значит, значимо увеличить долю присутствия молекулярной ортокремниевой кислоты.

Методы определения соединений кремния в воде.

Для определения концентраций соединений кремния в природных и питьевых водах в зависимости от поставленных перед исследователями

или аналитиками задач используются различные физико-химические методы.

С начала XX века нашел практическое применение метод определения кремнекислоты в виде желтого кремнемолибденового комплекса (КМК) [27–29], который в дальнейшем был множество раз модифицирован и лег в основу применяемых сегодня методик фотометрического анализа¹.

Среди них широко применяемые методики определения кремния в питьевых, природных (поверхностных) и очищенных сточных водах, основанные на взаимодействии силикатов и мономерно-димерной формы кремниевой кислоты с молибденовокислым аммонием в кислой среде^{2,3}. Определяемый концентрационный диапазон кремния — от 0,5 до 15,0 (16,0) мг/дм³, при этом точность (неопределенность) измерений не превышает 30 %.

Авторами изобретения⁴ также использован способ определения кремния в воде на основе образования КМК, однако путем включения в процесс анализа дополнительного этапа подготовки пробы возможно проводить количественное определение не только форм кремниевой кислоты, но и соединений кремния с гуминовыми веществами. Метод является актуальным при адаптации технологий водоподготовки подземных и поверхностных вод, но для его практического применения в лабораторной практике требуется разработка и валидация методики с установлением показателей качества и диапазона измерений.

Колориметрический молибдосиликатный метод с образованием гетерополиокислоты включен в базу данных «NEMI» экологических методов, протоколов и процедур, которая позволяет ученым и менеджерам находить и сравнивать методы и протоколы сбора данных для всех этапов процесса мониторинга воды. Этот метод рекомендуется для относительно чистых вод, содержащих от 0,4 до 25 мг SiO₂/дм³, что в пересчете на Si составит 0,2–11 мг/дм³. Как и в большинстве колориметрических методов, диапазон может быть расширен за счет разбавления, концентрации или изменения длины светового пути [30].

При необходимости измерений массовой концентрации растворенного или суммарного (валового) кремния в природных и сточных водах предлагается фотометрический метод определения в виде восстановленной (синей) формы кремнемолибденовой кислоты⁵, однако при заявленной в методике возможности обнаружения всех форм кремниевых кислот значительно сужен диапазон измерений, который составляет от 0,1 до 2,0 мг/дм³ в пересчете на кремний.

Повышение чувствительности метода, а также устранение мешающих влияний всегда сопряже-

но с введением дополнительных этапов анализа, включая пробоподготовку, что значительно может увеличить время анализа. В этом случае может быть применена методика с эффективным и экспрессным способом подготовки проб, отличающаяся высокой чувствительностью и точностью [31]. Данный метод предназначен для определения содержания растворимого кремния спектрофотометрическим методом в виде синего КМК. Для разрушения комплексов кремния с гуминовыми веществами и поликремниевых кислот используется система Фентона (Fe/УФ/Н₂O₂).

В случае необходимости анализа очищенных и природных вод с небольшим содержанием кремния представлены методики сорбционно-спектрофотометрического и визуально-тестового определения микроколичеств кремния [32]. Надежный контроль, по мнению авторов, содержания кремния на уровне 1 мкг/дм³ обеспечивается включением в анализ стадии 5–10-кратного концентрирования образцов.

С целью определения общей концентрации кремния в воде применяют методы атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Методика определения содержания кремния в питьевых, поверхностных и подземных природных водах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой представлена в международном стандарте⁶. Метод основан на измерении интенсивности излучения атомов, в частности кремния, возникающего при распылении анализируемой пробы в аргоновую плазму, индуктивно возбуждаемую радиочастотным электромагнитным полем, для кремния установлен диапазон от 0,05 до 5,0 мг/дм³ в точность в области низких концентраций ± 24 %.

При прямом масс-спектрометрическом с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) определении содержания кремния в водных растворах с использованием динамической реакционной ячейки показана возможность эффективного устранения спектральных наложений полиатомных ионов. Полученный в экспериментальных исследованиях предел обнаружения кремния в водных растворах составил 1,5 мкг/дм³ [33].

К другим методам, обладающим высокой избирательностью, применяемым при определении общей концентрации кремния в воде, относится атомно-абсорбционная спектроскопия с электротермической атомизацией пробы (ААС-ЭТА) [34]. Вместе с тем область использования данной методики ограничена, ее применение возможно, в частности, для анализа высокоочищенных технических вод, используемых в электротехнической промышленности.

¹ Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 488 с.

² ПНД Ф 14.1:2.4.215-06 (Издание 2011 г.). Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации кремнекислоты (в пересчете на кремний) в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом в виде желтой кремнемолибденовой гетерополиокислоты. М.: ФБУ «Федеральный Центр анализа и оценки техногенного воздействия», 2011. 22 с.

³ РД 52.24.433–2018. Массовая концентрация кремния в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде желтой формы молибдокремниевой кислоты (с Поправкой № 1) Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Росгидромет. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2018. 23 с.

⁴ Шиян Л.Н., Мачехина К.И., Костинова Л.А. Способ определения концентрации кремния в воде. Патент РФ на изобретение № 2656121. 31.05.2018. Бюл. № 16.

⁵ РД 52.24.433–2018. Массовая концентрация кремния в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей (восстановленной) формы молибдокремниевой (с Поправкой № 1) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Росгидромет. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2018. 22 с.

⁶ ГОСТ 31870–2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.

Определение содержания кремния в природных водах с различным уровнем минерализации методом атомной абсорбции предложено в работе [35]. Исследования проводились с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915. Прибор обладает высокой универсальной селективностью, связанной с использованием зеемановской модуляционной поляризационной спектрометрии (эффект Зеемана), которая позволяет проводить коррекцию неселективного поглощения фона и определять содержание различных элементов в пробах с различной минерализацией с минимальной или без предварительной пробоподготовки. Данным методом возможно определение кремния в диапазоне от 0,1 до 100 мг/дм³.

Определение растворенных форм кремния в воде методом электротермической атомно-абсорбционной спектрометрией высокого разрешения с источником непрерывного спектра разработано коллективом авторов [36]. Для устранения химических помех проведена модификация графических кювет поперечного нагрева. Данный способ анализа апробирован при исследовании подземных и поверхностных вод.

Поверхностные водные объекты часто характеризуются совместным присутствием в воде кремния и фосфора. Фосфор также может образовывать очень похожие по оптическим свойствам гетерополиоксиды при взаимодействии с молибдатом. Чтобы избежать взаимного мешающего влияния, применяют различные методы разделения и дальнейшего совместного их определения в воде. Один из таких методов включает применение вытеснительной ионообменной хроматографии с проведением реакции образования желтых гетерополиоксидов после разделения анионов, на конечном этапе проводится их УФ-детектирование [37]. Для анализа высоких концентраций фосфатов и силикатов в сточных водах при одновременном определении с использованием последовательного проточно-инжекционного анализа предложена методика Mas-Torres F. [38]. Устранение взаимного мешающего влияния достигалось путем подбора кислотности, а также за счет сегментации образцов щавелевой кислотой.

Совместное спектрофотометрическое определение фосфата и силиката, основанное на различии скоростей образования их гетерополиоксидов с молибденом в присутствии аскорбиновой кислоты, было изучено в работе [39]. Тот же кинетический метод применен при совместном определении фосфора и кремния в воде Данилиной Е.И. и др., анализ проводится без предварительного разделения и восстановления в церулокомплексы, регулировалась только кислотность среды, в которой проходит реакция. Интервал определяемых концентраций кремния составил 1,4–14 мг/дм³ [40].

Сорбционно-хроматографический метод определения фосфат- и силикат-ионов в водах в виде молибденовых гетерополиоксидов (ГПК), представлен в публикации [41]. Этапы анализа включают сорбцию ГПК, десорбцию ацетонитрилом и последующее определение методом ион-парной обращеннофазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Аналогичный метод использован в исследовательской для

совместного определения кремния и фосфора в дистиллированной воде, оптимизированы условия разделения, пределы обнаружения составили $(1,4 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ мкг/мл и $(6,7 \pm 1,2) \times 10^{-3}$ мкг/мл соответственно [42].

Предлагаются методики определения кремния в комплексе с другими химическими элементами, например ядерно-физические методы анализа (гамма-активационный, нейтронно-активационный) с использованием рентгенофлуоресцентных установок (РФА) и микротрона МТ-25 для определения содержания кремния, магния и алюминия в воде [43].

Хочется отметить, что методы атомно-эмиссионной спектрометрии, масс-спектрометрии, атомно-абсорбционного и ядерно-физического анализа повышая чувствительность, селективность или точность (неопределенность) измерений требуют высокотехнологичного оборудования и дополнительной подготовки исследователей.

Таким образом, выбор метода зависит от типа исследуемого объекта, для которого методика должна обладать необходимой чувствительностью и работать в заданном диапазоне величин, обеспечивая простоту и доступность выполнения измерений или, в зависимости от поставленных целей, оправдывать сложность и высокую стоимость анализа.

Выводы

1. Преобладающими формами, в которых кремний присутствует в природных водных объектах, являются мономерно-димерные виды кремниевых кислот и растворимые силикат-ионы. Подобный состав определяется характерным для пресных вод диапазоном pH (6,5–8,5), а также минеральным составом. Последний как раз и учтен в СанПиН 2.1.4.3685–21⁷ при дифференцированном, в зависимости от жесткости воды, нормировании содержания кремния в воде. Природное соотношение присутствующих форм кремниевых соединений возможно в незначительной степени изменить в процессе водоподготовки, перед подачей воды в распределительные сети хозяйственно-питьевого водоснабжения.

2. С учетом форм кремнийсодержащих соединений, присутствие которых характерно для большинства природных водных объектов, используемых для питьевого водоснабжения, оптимальным (обеспечивающим необходимый диапазон измерений, а также высокую воспроизводимость результатов и не требующим высоких материальных затрат) является фотометрический метод измерений кремния (мономерно-димерных кремниевых кислот и силикатов) в виде желтой формы кремнемолибденовой гетерополиоксиды. Анализ кремния в воде при более низких концентрациях (менее 0,5 мг/дм³) или определение его общего содержания необходимы в основном в отраслях, использующих особо чистые воды и эксплуатирующих соответствующее оборудование.

Здесь хочется отметить, что в процессе водоподготовки в системах питьевого водоснабжения в качестве флокулянта может использоваться активированная кремниевая кислота. Выделить ее в ходе анализа на фоне природного кремния невозможно, поэтому для исключения или учета

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296).

ее вероятных выбросов в питьевую воду можно достичь, на взгляд автора статьи, только путем введения обязательного контроля содержания кремния до и после соответствующих этапов водоподготовки на водопроводных станциях.

Список литературы

1. Вапиров В.В., Феоктистов В.М., Венскович А.А., Вапирова Н.В. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 2 (163). С. 95–102.
2. Ходоровская Н.И., Стурова М.В. Исследование влияния концентраций кремния и фосфора на развитие диатомовой микрофлоры водоема // Известия Челябинского научного центра. 2002. № 2 (15). С. 50–53.
3. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур. Ульяновск: Издательство Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. 176 с.
4. Conley DJ. Riverine contribution of biogenic silica to the oceanic silica budget. *Limnol Oceanogr.* 1997;42(4):774–777. doi: 10.4319/lo.1997.42.4.0774
5. Chan SH. A review on solubility and polymerization of silica. *Geothermics.* 1989;18(1-2):49–56. doi: 10.1016/0375-6505(89)90009-6
6. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Кремний в живой природе. Новосибирск: Наука, 1984. 284 с.
7. Камбалина М.Г., Скворцова Л.Н., Мазурова И.С., Гусева Н.В. К вопросу о методах определения растворимых соединений кремния в воде и способах ее обескремнивания // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 3. С. 18–22.
8. Jugdaohsingh R, Anderson SHC, Tucker KL, et al. Dietary silicon intake and absorption. *Am J Clin Nutr.* 2002;75(5):887–893. doi: 10.1093/ajcn/75.5.887
9. Robberecht H, Van Cauwenbergh R, Van Vlaslaer V, Hermans N. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels. *Sci Total Environ.* 2009;407(16):4777–4782. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.019
10. Линник П.Н., Дикая Т.П. Содержание, формы нахождения и особенности распределения и миграции кремния в поверхностных водах Украины // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 6. С. 696–708. doi: 10.1134/s009780781406013x
11. Хорошилов А.В. Формы существования соединений кремния в воде // Энергосбережение и водоподготовка. 2004. Т. 31. № 4. С. 25–27.
12. Федотов Р.В., Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И. Обескремнивание воды фильтрованием через алюмомодифицированную загрузку // Яковлевские чтения. Сборник докладов научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Москва, 15–16 марта 2012 года. М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МГСУ, 2012. С. 33–39.
13. Замана Л.В., Усманова Л.И. Формы миграции кремния в водах в зоне инфильтрационного влияния золотавала читинской ТЭЦ-1 (термодинамическая оценка) // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Сборник материалов четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием. Улан-Удэ: Геологический институт СО РАН, 2020. С. 227–230. doi:10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-227-230
14. Стеблевский В., Домнин К., Архипова Е., Тесля В.Г., Кулаков В. Кремний: стандарты концентрации в питьевой воде и практика. Проблема нормирования кремния в питьевой воде на примере Тунгусского месторождения подземных вод в г. Хабаровске // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. № 9. С. 44–54.
15. Парнякова Л.Л., Кекина Е.Г., Дубовской А.В., Асеева Ю.С., Шедловская И.Л. Показатели качества воды в минеральных источниках республики Бурятия // Микроэлементы в медицине. 2020. Т. 21. № 2. С. 64–70. doi: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-64-70
16. Dietzel M. Dissolution of silicates and the stability of polysilicic acid. *Geochim Cosmochim Acta.* 2000;64(19):3275–3281. doi: 10.1016/s0016-7037(00)00426-9
17. Айлер Р. Химия кремнезема. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Ч. 1. 416 с.
18. Кудрявцев П.Г. Методы синтеза, свойства и применение кремнезелей для получения композиционных материалов. Часть I // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3 (50). С. 3.
19. Колесников М.П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. 2001. Т. 41. С. 301–332.
20. Карелин Ф.Н., Хакимов Р.О. Обратноосмотическая очистка кремний содержащих вод // Химия и технология воды. 1992. Т. 4. № 4. С. 284–290.
21. Офицеров Е.Н., Рябов Г.К., Убаскина Ю.А., Климовский А.Б., Фетюхина Е.Г. Кремний и гуминовые кислоты: моделирование взаимодействий в почве // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4 (2). С. 550–557.
22. Matichenkov VV, Bocharnikova EA. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: *Silicon in Agriculture. Studies in Plant Science.* Amsterdam: Elsevier; 2001;8:209–219. doi: 10.1016/S0928-3420(01)80017-3
23. Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П., Бачарникова Е.А., Матыченков В.В. Подвижные кремниевые соединения в системе почва – растение и методы их определения // Вестник московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2016. № 3. С. 37–46. doi: 10.3103/S0147687416030054
24. Мокроусова И.В., Лаптева С.Б. Некоторые результаты исследования геохимической подвижности макроэлементов в торфяных залежах // Труды Института. 2018. № 17 (70). С. 3–7.
25. Горбачев А.Л. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения г. Магадана // Микроэлементы в медицине. 2021. Т. 22. № 2. С. 17–24. doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-17-24
26. Камбалина М.Г., Скворцова Л.Н., Мазурова И.С., Гусева Н.В., Бакибаев А.А. Исследование форм нахождения кремния в природных водах с высоким содержанием растворенных органических веществ // Химия и химические технологии. 2014. Т. 325. № 3. С. 64–70. doi: 10.1016/j.proche.2014.10.008
27. Diénert F, Wandenbulke F. [On determination of silica in water.] *Comptes Rendus Séances Académie Sci.* 1923;176:1478–1480. (In French.).
28. Варшал Г.М., Драчева Л.А., Ксензенко В.И., Замкина М.С. Количественное определение различных форм кремнекислоты в поверхностных водах. В сб. материалов XXV гидрохимического совещания «Состояние и перспективы развития исследований загрязнения и самоочищения поверхностных вод суши»; 16–18 мая 1972. Новочеркасск, 1972.
29. Мышляева Л.В., Краснощёков В.В. Аналитическая химия кремния. М: Наука, 1972. 212 с.
30. Standard Methods: 4500-SiO₂-C: Silica by Molybdosilicate Method. Accessed June 24, 2022. https://www.nemi.gov/methods/method_summary/7411/
31. Бекбулатова И.А., Скворцова Л.Н., Щёголева И.С. Определение кремния в природных водах спектрофотометрическим методом с применением современных способов пробоподготовки // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 7. С. 32–39.
32. Селиванова Т.В., Вишникин А.Б., Цыганок Л.П. Сорбционно-спектрофотометрическое и визуальное определение микроколичеств кремния в виде ионного ассоциата 12-молибдосиликата с кристаллическим фиолетовым // Журнал аналитической химии. 2010. Т. 65. № 2. С. 147–152. doi: 10.1134/s1061934810020073
33. Сапрыгин А.В., Голик В.М., Трепачев С.А., Голик С.В., Кузьмина Н.В. Исследование возможности прямого определения кремния методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с использованием

- динамической реакционной ячейки // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15. № 1. С. 64–77.
34. Fehse F. The determination of silicon in deionized process water by graphite furnace AAS. *Spectrochim Acta B: At Spectrosc.* 1984;39(4):597–598. doi: 10.1016/0584-8547(84)80067-1
 35. Камбаллина М. Г., Пикула Н. П. Атомно-абсорбционное определение содержания кремния в природных водах // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 3. С. 120–124.
 36. Штин Т.Н., Неудачина Л.К., Штин С.А. Определение растворенных форм кремния в природной питьевой воде методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии высокого разрешения с источником непрерывного спектра // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2021. Т. 87. № 3. С. 11–19. doi: 10.26896/1028-6861-2021-87-3-11-19
 37. Ikeda M, Mori M, Kurachi K, Hu W, Tanaka K. Selective and simultaneous determination of phosphate and silicate ions in leaching process waters for ceramics glaze raw materials of narutal origin by ion-exclusion chromatography coupled with UV-detection after post-column derivatization. *Anal Sci.* 2006;22(1):117–121. doi: 10.2116/analsci.22.117
 38. Mas-Torres F, Munxz A, Estela JM, Cerda V. Simultaneous determination of phosphate and silicate in waste water by sequential injection analysis. *Analyst.* 1997;122(10):1033–1038. doi: 10.1039/a701646h
 39. Nekoei M, Mohammadhosseini M, Zarei K. Simultaneous kinetic determination of phosphate and silicate by spectrophotometric H-point standard addition method. *J Chin Chem Soc.* 2008;55(2):362–368. doi: 10.1002/jccs.200800053
 40. Данилина Е.И., Орлова Н.Г. Совместное кинетическое определение фосфатов и силикатов в виде ванадо-молибденовых гетерополикислот // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. 2011. № 33 (250). С. 61–67.
 41. Медведский А.В., Тихомирова Т.И., Смоленков А.Д., Шаповалова Е.Н., Шпигун О.А. Сорбционно-хроматографическое определение фосфат- и силикат-ионов в водах в виде молебденовых гетерополикислот // Журнал аналитической химии. 2007. Т. 62. № 3. С. 213–218. doi: 10.1134/s1061934807030033
 42. Крохин О.В., Дубовик Д.Б., Иванов А.В., Шпигун О.А. Определение кремния и фосфора в виде молибденовых гетерополикислот методом ион-парной обращеннофазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2002. Т. 43. № 1. С. 20–24.
 43. Маслов О.Д. Определение содержания алюминия, кремния и магния в образцах воды ядерно-физическими методами с использованием РФА и микротрона МТ-25. Дубна: ОИЯИ, 2011. 4 с.
 7. Kambalina MG, Skvortsova LN, Mazurova IS, Guseva NV. On the issue of methods for determining silicon soluble compounds in water and the techniques of its desiliconization. *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta.* 2013;323(3):18–22. (In Russ.)
 8. Jugdaohsingh R, Anderson SHC, Tucker KL, et al. Dietary silicon intake and absorption. *Am J Clin Nutr.* 2002;75(5):887–893. doi: 10.1093/ajcn/75.5.887
 9. Robberecht H, Van Cauwenbergh R, Van Vlaslaer V, Hermans N. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels. *Sci Total Environ.* 2009;407(16):4777–4782. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.019
 10. Linnik PN, Dikaya TP. Concentrations, coexisting forms, and features of silicon distribution and migration in surface waters of Ukraine. *Water Resources.* 2014;41(6):696–708. doi: 10.1134/s009780781406013x
 11. Khoroshilov AV. [Forms of existence of silicon compounds in water.] *Energobezbezhenie i Vodopodgotovka.* 2004;(4(31)):25–27. (In Russ.)
 12. Fedotov RV, Fesenko LN, Ignatenko SI. Desiliconization of drinking water by modified media filtration. In: *Yakovlev Readings: Proceedings of the Scientific and Practical Conference Dedicated to Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovlev, Moscow, March 15–16, 2012.* Moscow: Moscow State Construction University Publ.; 2012:33–39. (In Russ.)
 13. Zamana LV, Usmanova LI. Forms of silicon migration in waters in the zone of infiltration effect of the Chita TPP-1 ash dump (thermodynamic assessment). In: *Water-Rock Interaction: Geological Evolution: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific Conference with international participation, Ulan-Ude, August 17–20, 2020.* Ulan-Ude: Geological Institute SB RAS Publ.; 2020:227–230. (In Russ.) doi: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-227-230
 14. Steblevsky V, Domnin K, Arkhipova E, Teslya VG, Kulakov V. Silicon: Standards of concentration in drinking water and practice. The problem of rationing of silicon in drinking water for Tungus ground water in Khabarovsk. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie.* 2015;(9(93)):44–54. (In Russ.)
 15. Parnyakova LL, Kekina HG, Dubovskoy AV, Aseeva JS, Shedlovskaya IL. Water quality indicators in mineral springs of the Republic of Buryatia. *Mikroelementy v Meditsine.* 2020;21(2):64–70. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-64-70
 16. Dietzel M. Dissolution of silicates and the stability of polysilicic acid. *Geochim Cosmochim Acta.* 2000;64(19):3275–3281. doi: 10.1016/s0016-7037(00)00426-9
 17. Iler RK. *The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemistry of Silica.* Trans. from English. Moscow: Mir Publ.; 1982. (In Russ.)
 18. Kudryavtsev PG. Methods of synthesis, properties and application of silica-zols for obtaining composite materials. Part 1. *Inzhenernyy Vestnik Dona.* 2018;(3(50)):3. (In Russ.)
 19. Kolesnikov MP. [Forms of silicon in plants.] *Uspekhi Biologicheskoy Khimii.* 2001;4:301–332. (In Russ.)
 20. Karelin FN, Khakimov PO. [Reverse osmotic purification of silicon-containing waters.] *Khimiya i Tekhnologiya Vody.* 1992;4(4):284–290. (In Russ.)
 21. Ofitserov EN, Rjabov GK, Ubaskina JA, Klimovsky AB, Fetjuhina EG. Silicon and humic acids: Modelling of interactions in soil. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk.* 2011;13(4-2):550–557. (In Russ.)
 22. Matichenkov VV, Bocharnikova EA. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: *Silicon in Agriculture. Studies in Plant Science.* Amsterdam: Elsevier; 2001;8:209–219. doi: 10.1016/S0928-3420(01)80017-3
 23. Matychenkov IV, Khomyakov DM, Pakhnenko EP, Bocharnikova EA, Matychenkov VV. Mobile Si-rich compounds in the soil-plant system and methods for their determination. *Moscow Univ Soil Sci Bull.* 2016;71:120–128. doi: 10.3103/S0147687416030054
 24. Mokrousova IV, Lapteva SB. Some results of the investigation of the geochemical mobility of macroelements

References

- in peat deposits. *Trudy Instorfa*. 2018;(17(70)):3-7. (In Russ.)
25. Gorbachev AL. Some indicators of the chemical composition of drinking water and their impact on the health of the population of Magadan. *Mikroelementy v Meditsine*. 2021;22(2):17-24. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-17-24
 26. Kambalina MG, Skvortsova LN, Mazurova IS, Guseva NV, Bakibaev AA. Investigation of the forms of silicon in natural waters with a high content of dissolved organic substances. *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta*. 2014;325(3):64-70. (In Russ.) doi: 10.1016/j.proche.2014.10.008
 27. Diénert F, Wandenbulke F. [On determination of silica in water.] *Comptes Rendus Séances Académie Sci*. 1923;176:1478–1480. (In French.)
 28. Varshal GM, Dracheva LA, Ksenzenko VI, Zamkina MS. [Quantitative determination of various forms of silicic acid in surface waters.] In: *Proceedings of the 25th Hydrochemical Meeting "Current Status and Prospects for the Development of Research on Pollution and Self-Purification of Surface Waters on Land", Novocherkassk, May 16–18, 1972*. Novocherkassk; 1972. (In Russ.)
 29. Myshlyaeva LV, Krasnoshchekov VV. [*Analytical Chemistry of Silicon*.] Moscow: Nauka Publ.; 1972. (In Russ.)
 30. Standard Methods: 4500-SiO₂ C: Silica by Molybdosilicate Method. Accessed June 24, 2022. https://www.nemi.gov/methods/method_summary/7411/
 31. Bekbulatova IA, Skvortsova LN, Shchegoleva IS. Determination of silicon in natural waters by spectrophotometry using modern methods of sample preparation. *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta. Geological Resource Engineering*. 2017;328(7):32-39. (In Russ.)
 32. Selivanova TV, Vishnikin AB, Tsyganok LP. Sorption—spectrophotometric and visual test determination of trace silicon as an ion associate of 12-molybdosilicate with crystal violet. *J Anal Chem*. 2010;65(2):142-147. doi: 10.1134/s1061934810020073
 33. Saprygin AV, Golik VM, Trepachev SA, Golik SV, Kuzmina NV. Silicon direct determination method development with dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analitika i Kontrol'*. 2011;15(1):64-77. (In Russ.)
 34. Fehse F. The determination of silicon in deionized process water by graphite furnace AAS. *Spectrochim Acta B: At Spectrosc*. 1984;39(4):597-598. doi: 10.1016/0584-8547(84)80067-1
 35. Kambalina MG, Pikula NP. [Atomic absorption determination of silicon content in natural waters.] *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta*. 2012;320(3):120-124. (In Russ.)
 36. Shtin TN, Neudachina LK, Shtin SA. Determination of the dissolved forms of silicon in natural drinking water using high-resolution continuum-source electrothermal atomic absorption spectrometry. *Zavodskaya Laboratoriya. Diagnostika Materialov*. 2021;87(3):11-19. (In Russ.) doi: 10.26896/1028-6861-2021-87-3-11-19
 37. Ikedo M, Mori M, Kurachi K, Hu W, Tanaka K. Selective and simultaneous determination of phosphate and silicate ions in leaching process waters for ceramics glaze raw materials of natural origin by ion-exclusion chromatography coupled with UV-detection after post-column derivatization. *Anal Sci*. 2006;22(1):117-121. doi: 10.2116/analsci.22.117
 38. Mas-Torres F, Munx A, Estela JM, Cerda V. Simultaneous determination of phosphate and silicate in waste water by sequential injection analysis. *Analyst*. 1997;122(10):1033-1038. doi: 10.1039/a701646h
 39. Nekoei M, Mohammadhosseini M, Zarei K. Simultaneous kinetic determination of phosphate and silicate by spectrophotometric H-point standard addition method. *J Chin Chem Soc*. 2008;55(2):362-368. doi: 10.1002/jccs.200800053
 40. Danilina EI, Orlova NG. Simultaneous kinetic determination of phosphates and silicates in the form of vanadomolibdoheteropoly acids. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Khimiya*. 2011;(33(250)):61-67. (In Russ.)
 41. Medvetskii AV, Tikhomirova TI, Smolenkov AD, Shapovalova EN, Shpigun OA. Sorption-chromatographic determination of phosphate and silicate ions in waters as molybdic heteropoly acids. *Zhurnal Analiticheskoy Khimii*. 2007;62(3):213-218. doi: 10.1134/s1061934807030033
 42. Krokhin OV, Dubovik DB, Ivanov AV, Shpigun OA. [Determination of silicon and phosphorus in the form of molybdenum heteropoly acids by ion-pair reversed phase high-performance liquid chromatography.] *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 2: Chemistry*. 2002;43(1):20-24. (In Russ.)
 43. Maslov OD, et al. *Determination of Aluminum and Silicon Content in Water Samples by Nuclear Physical Methods Using XRFA and the MT-25 Microtron. Communication of the Joint Institute for Nuclear Research*. Dubna: JINR; 2011. (In Russ.) Accessed June 24, 2022. [http://www1.jinr.ru/Preprints/2011/064\(P6-2011-64\).pdf](http://www1.jinr.ru/Preprints/2011/064(P6-2011-64).pdf)





Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира

Т.А. Трифонова^{1,2}, О.В. Савельев¹, А.А. Марцев¹, О.Г. Селиванов¹,
Ю.Н. Курбатов¹, Л.Н. Романова¹

¹ ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
ул. Горького, д. 87, г. Владимир, 600000, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Ленинские горы,
д. 1, г. Москва, 119991, Российская Федерация

Резюме

Введение. Городские жители активно используют для питьевых целей и приготовления пищи воду из альтернативных источников, и в частности родников, являющихся естественным местом разгрузки грунтовых вод. Их качество во многом определяется природным и санитарным состоянием территорий, а также зависит от барьерных функций почв и подстилающих пород данных территорий.

Цель исследования: оценка качества воды родников города Владимира по показателям безопасности и интегральной токсичности.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны воды шести родников, расположенных в различных районах областного центра и пользующихся популярностью у жителей города. Проанализированы данные по 31 показателю (общехимические и микробиологические) родниковой воды за период с 2017 по 2022 г., а также ее интегральная токсичность. Анализ проб проводили по стандартным методикам с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии, титриметрического метода. Исследования по определению интегральной токсичности образцов родниковых вод проводили на люминометре «Биотокс-10М» по методике экспрессного определения интегральной токсичности.

Результаты. Вода родников не совсем соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным в СанПин 1.2.3685–21. Выявлены приоритетные загрязнители, присутствующие в родниковой воде за 2017–2021 гг. и ухудшающие ее качество. Установлены отклонения по физиологической полноценности воды по ионам магния и фтора – их поступление с родниковой водой значительно меньше, чем требуется для организма человека. За последние годы возросла бактериальная загрязненность родниковых вод, что связано в первую очередь с хозяйственной деятельностью человека.

Заключение. Вода родников не является токсичной, что свидетельствует о наличии следовых количеств поллютантов, не представляющих угрозы здоровью населения. Рекомендовано организовать постоянную санитарную очистку территорий родников и проводить благоустройство каптажей, а воду родников в обязательном порядке перед употреблением кипятить.

Ключевые слова: питьевая вода, родники, санитарно-гигиенические показатели, физиологическая полноценность воды, токсичность.

Для цитирования: Трифонова Т.А., Савельев О.В., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Романова Л.Н. Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 23–31. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-23-31

Сведения об авторах:

Трифопова Татьяна Анатольевна – д.б.н., зав. кафедрой биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», профессор кафедры географии почв ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: tatrifon@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1628-9430.

Савельев Олег Владимирович – к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: olegator86@bk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3425-8021.

✉ **Марцев** Антон Андреевич – к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: martsevaa@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3572-9163.

Селиванов Олег Григорьевич – заведующий лабораториями кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: selivanov6003@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3674-0660.

Курбатов Юрий Николаевич – аспирант кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: iur.kurbatov@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0904-3854.

Романова Людмила Николаевна – магистрант кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: ludmila.romanova98@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4612-8697.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Трифонова Т.А., Савельев О.В., Селиванов О.Г.; сбор данных: Селиванов О.Г., Марцев А.А., Романова Л.Н.; лабораторные исследования: Курбатов Ю.Н.; анализ и интерпретация результатов: Марцев А.А., Селиванов О.Г.; утверждение окончательного варианта рукописи: Трифонова Т.А., Савельев О.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 22.03.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Assessment of Spring Water Quality in the City of Vladimir

Tatiana A. Trifonova,^{1,2} Oleg V. Saveliev,¹ Anton A. Martsev,¹ Oleg G. Selivanov,¹
Yuri N. Kurbatov,¹ Lyudmila N. Romanova¹

¹ A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University, 87 Gorky Street, Vladimir, 600000, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, 1 Kolmogorov Street, Moscow, 119991, Russian Federation

Summary

Introduction: Many urban residents use water from alternative sources, such as springs, which are natural discharge points of subterranean water at the surface of the groundwater, for drinking and cooking. Their quality is largely determined by local environmental conditions, soil barrier functions and underlying rocks.

Objective: To assess spring water quality in the city of Vladimir in terms of safety and integral toxicity.

Materials and methods: We took water samples from six springs located in different districts of the regional center and popular

with its citizens. The samples were tested according to standard potentiometric, conductometric, and titrimetric methods. Integral toxicity of spring water samples was determined using a Biotox-10M luminometer. We then analyzed data on 31 biochemical and microbiological parameters and integral toxicity of spring water in the city for 2017–2022.

Results: We established that spring water in Vladimir does not quite comply with the standards established by Russian Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21, Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors for humans. We identified priority pollutants of spring water causing deterioration of its quality for the years 2017–2021. We also noted low levels of magnesium and fluorine ions in spring water, which means that its regular intake may lead to deficiency of these essential elements in the local population. A recent increase in bacterial contamination of spring water was primarily attributed to human economic activities.

Conclusion: Judging by its trace levels of pollutants posing no health risks, spring water in Vladimir is not toxic. We still recommend permanent cleaning of spring areas, improvement of groundwater collection facilities, and boiling of spring water before use.

Keywords: drinking water, spring, quality indicators, physiological usefulness of water, toxicity.

For citation: Trifonova TA, Saveliev OV, Martsev AA, Selivanov OG, Kurbatov YuN, Romanova LN. Assessment of spring water quality in the city of Vladimir. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):23–31. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-23-31>

Author information:

Tatiana A. **Trifonova**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; Professor, Department of Soil Geography, Lomonosov Moscow State University; e-mail: tatrifon@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>.

Oleg V. **Saveliev**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: olegavr86@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3425-8021>.

Anton A. **Martsev**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: MartsevAA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>.

Oleg G. **Selivanov**, Head of the Laboratories of the Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: selivanov6003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>.

Yuri N. **Kurbatov**, postgraduate, Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: iur.kurbatov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854>.

Lyudmila N. **Romanova**, undergraduate, Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: ludmila.romanova98@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4612-8697>.

Author contributions: study conception and design: Trifonova T.A., Saveliev O.V., Selivanov O.G.; data collection: Selivanov O.G., Martsev A.A., Romanova L.N.; laboratory studies: Kurbatov Yu.N.; analysis and interpretation of results: Martsev A.A., Selivanov O.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: March 22, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Для России проблема обеспечения населения питьевой водой требуемого качества и в достаточном количестве является наиболее значимой. Чистая вода — главный ресурс сохранения здоровья жителей России. Качество питьевой воды непосредственно влияет на заболеваемость населения [1–3]. По оценке Всемирной организации здравоохранения, некачественная питьевая вода является причиной более 80 % болезней¹, поэтому чистота питьевой воды и ее доступность являются важнейшими факторами, определяющими качество жизни населения.

Население г. Владимира централизованно обеспечивается питьевой водой из поверхностного водозабора р. Нерль и р. Клязьмы и подземного Судогодского водозабора в соотношении 50 % поверхностной и 50 % подземной воды.

Реки Нерль и Клязьма, из которых производится водозабор, по показателям качества воды, согласно ГОСТу 2761–84², относятся ко второму классу, т. е. воду из данных рек без специальных методов очистки воды использовать для питьевых целей нельзя. Основными загрязнителями рек Нерль и Клязьма являются биогенные элементы, органические вещества, азот аммонийный, азот нитратов, металлы — железо, медь, марганец.

Нерлинская очистная водопроводная станция работает по классической технологии, основанной на традиционных осветлительных методах очистки, к которым относятся реагентная обработка, отстаивание, фильтрование, обеззараживание воды, и главным образом решает задачу удаления из воды основной массы загрязнений. Однако она не рассчитана на глубокую очистку воды. По

данной технологии поступающая вода дважды обрабатывается гипохлоритом натрия, причем в дозах, необходимых как для обеззараживания воды, так и водопроводных сетей. Но такая обработка имеет и значительные побочные эффекты. При взаимодействии органических веществ, содержащихся в речной воде, с активным хлором образуются галогенсодержащие соединения, среди которых наиболее часто встречаются тригалогенметаны, придающие воде неприятный привкус и запах, а также обладающие канцерогенным действием, что несет потенциальную опасность для здоровья людей при употреблении такой воды [4–6]. Использование более современных методов очистки воды, таких как озонирование, сорбция на активных углях, мембранное фильтрование и т. д. [7–9], позволяющих значительно улучшить качество воды, требует модернизации очистной станции и крупных капиталовложений, что для жителей г. Владимира, скорее всего, является отдаленной перспективой. Тем не менее очищенная вода по той технологии, которая в настоящее время существует, практически безопасна, но жители г. Владимира с большой осторожностью относятся к употреблению хлорированной питьевой воды.

Подземная вода Судогодского водозабора, используемая без предварительной очистки для подачи в некоторые районы г. Владимира, обладает хорошими органолептическими показателями, не содержит аммонийный азот, содержание нитратов значительно ниже предельно допустимой концентрации (ПДК), в воде отсутствуют полифосфаты, а также тяжелые металлы. Природная вода Судогодского водозабора не представляет

¹ Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO Press; 1993. Accessed April 23, 2022. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf

² ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Москва: Стандартинформ, 2006. 12 с.

эпидемической опасности по всем микробиологическим и паразитологическим показателям, утвержденным действующими санитарно-гигиеническими нормативами. В то же время вода Судогодского водозабора не является мягкой, общая жесткость варьирует от 4,7 до 8,3 мг-экв/л. Кроме того, подземная вода Судогодского водозабора может содержать избыточное количество фтора, что обусловлено природными факторами Судогодского района, геохимической спецификой состава водовмещающих пород и особенностями режима питания подземных вод в данном районе [10]. Такую воду необходимо очищать от избытка фтора с применением специальных материалов [11–13].

Городские жители активно используют для питьевых целей и приготовления пищи воду из альтернативных источников, и в частности родников г. Владимира, являющихся естественным местом разгрузки грунтовых вод. Качество грунтовых вод, выходящих на поверхность, во многом определяется природным и санитарным состоянием городских территорий, а также зависит от барьерных функций почв и подстилающих пород данных территорий [14–16].

Вследствие динамичного развития города городские родники оказываются расположенными в непосредственной близости от транспортных путей, жилых и промышленных зон, различных несанкционированных свалок, что приводит к их интенсивному загрязнению. Почвы не в состоянии выполнить свои барьерные функции, и опасные загрязнители могут поступают в родниковую воду, что увеличивает риски возникновения опасных заболеваний у населения. В связи с этим проведение оценки показателей качества родниковых вод

городских территорий является на сегодняшний день важной и актуальной задачей.

Цель исследования: оценка качества воды родников города Владимира по показателям безопасности и интегральной токсичности.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны воды родников, расположенных в различных районах областного центра и пользующихся популярностью у жителей города.

На рис. 1 представлено месторасположение исследуемых родников г. Владимира.

Авторами статьи для оценки качества родниковых вод вышеуказанных родников были проанализированы данные по 31 показателю (общехимические и микробиологические показатели) за период с 2017 по 2021 г., полученные из аккредитованной химической лаборатории ООО «Владимир ВтормаКлининг» и проведенные по заказу администрации г. Владимира в рамках выполнения муниципальной программы «Повышение экологической безопасности на территории муниципального образования города Владимир». В феврале 2022 года авторами были отобраны пробы родниковых вод для определения отдельных санитарно-химических показателей родниковых вод, которые по результатам мониторинга за предшествующие годы были близки или превышали установленные для них ПДК, с целью их актуализации и оценки антропогенного влияния на качество родниковых вод. Отбор проб проводился по ГОСТ Р 51592-00³ в чистые стеклянные емкости объемом 1 дм³ с герметичными пластмассовыми пробками. Анализ проб проводили по стандартным методикам с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии,

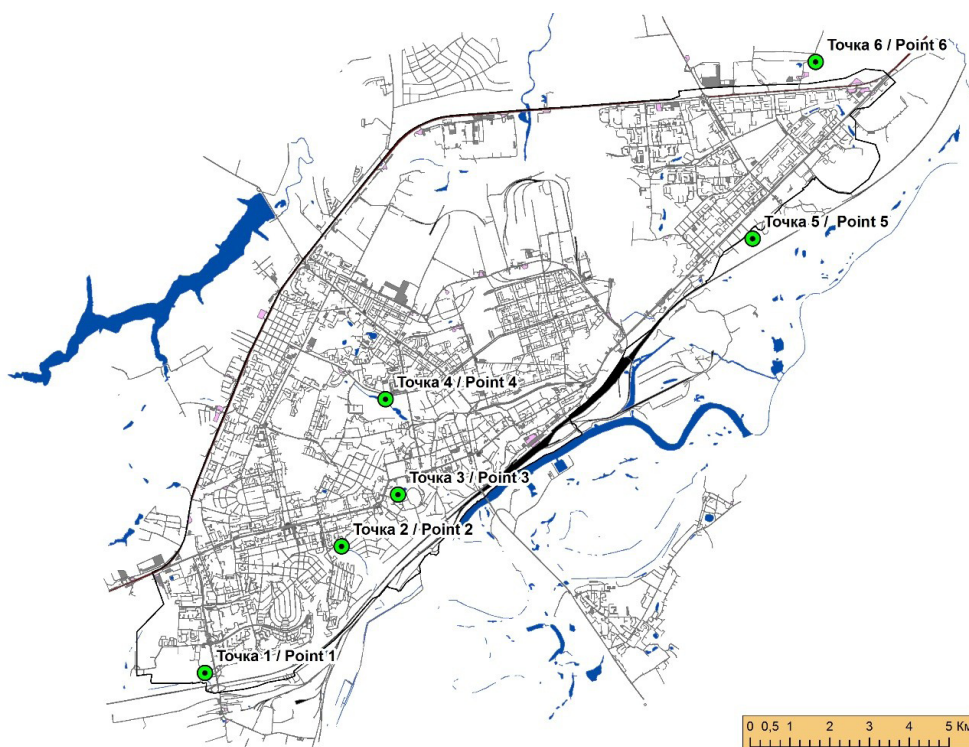


Рис. 1. Месторасположение родников на карте г. Владимира

Fig. 1. Location of springs on the map of Vladimir

³ ГОСТ Р 51592-00. Вода. Общие требования к отбору проб. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 21 апреля 2000 года № 117-ст.

титриметрического метода. Физиологическую полноценность воды родников оценивали по соответствию концентраций макро- и микроэлементов требованиям СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества»⁴. Были проведены исследования по определению интегральной токсичности образцов родниковых вод г. Владимира на люминометре «Биотокс-10М» по методике экспрессного определения интегральной токсичности⁵. Данная методика предусматривает измерение интенсивности биолуминесценции тест-объекта, в качестве которой используются лиофилизированные люминесцентные бактерии или ферментные препараты бактериальной люциферазы, входящие в состав биосенсора «Эколюм» (ТУ 2639-236-00209792-01⁶). Методика основана на определении изменения интенсивности биолуминесценции бактерий в зависимости от содержания в анализируемой пробе химических веществ-токсикантов по сравнению с контролем (дистиллированная вода).

Выводы о токсичности пробы делались на основе изменения интенсивности биолуминесценции бактерий (имп/с) по сравнению с контролем за 30-минутный период экспозиции. Уменьшение интенсивности биолуминесценции пропорционально токсическому эффекту « T », который устанавливает характер ответа биосенсора на токсичность среды и рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100,$$

где I_0 и I соответственно интенсивность биолуминесценции контроля и опыта.

Методика предусматривает три пороговых уровня токсичности:

- допустимый уровень токсичности: индекс токсичности T меньше 20;
- образец токсичен: индекс T равен или больше 20, но меньше 50;

– высокая токсичность образца: индекс T равен или больше 50.

В ряде случаев индекс токсичности может иметь отрицательное значение (при $I > I_0$), тогда делается вывод об отсутствии токсичности образца и индекс токсичности принимает нулевое значение. Все анализы проводились в лаборатории химии воды кафедры биологии и экологии ВлГУ.

Результаты и обсуждение. На первом этапе работы были проанализированы имеющиеся данные по общехимическим и микробиологическим показателям родниковых вод за период 2017–2021 гг. на предмет соответствия ПДК и санитарно-гигиеническим нормативам. Анализ качества воды проводили по следующим показателям:

- органолептические (цветность, запах, привкус, мутность);
- содержание тяжелых металлов (ТМ);
- содержание катионов и анионов;
- общие показатели (рН, жесткость, перманганатная окисляемость, сухой остаток, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ);
- микробиологические (наличие термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), общих колиформных бактерий (ОКБ), общее микробное число (ОМЧ), наличие колифагов);

Данные по органолептическим показателям воды за период 2017–2021 гг. по шести исследуемым родникам представлены в табл. 1.

По органолептическим показателям вода во всех шести родниках за анализируемый период соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 2.1.3684–21⁷: запах не ощущается (0 баллов), привкус не ощущается (0 баллов), цветность и мутность значительно ниже установленных нормативов.

Показатели содержания тяжелых металлов в воде родников за период 2017–2021 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 1. Органолептические показатели воды исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 1. Organoleptic indicators of spring water quality in Vladimir, 2017–2021

Показатель / Indicator	Норматив / Standard	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Мутность, ЕМФ/дм ³ / Turbidity, EMF/dm ³	2,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Цветность, градус / Color, degree	≤ 20°	< 5	1,67–3,33*	1,67–5,00	< 1,00–5,00	< 1,00–4,17
Запах, балл / Odor, score	2,0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0
Привкус, балл / Taste, score	2,0	0	0	0	0	0

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

⁴ СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 15 марта 2002 года.

⁵ Методические рекомендации МР № 01.021-07. Методика экспрессного определения интегральной химической токсичности питьевых, поверхностных, грунтовых, сточных и очищенных сточных вод с помощью бактериального теста «Эколюм». Утверждены Главным врачом ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» 15 июня 2007 года.

⁶ Тест-система для экспрессного количественного определения токсичности объектов окружающей среды с помощью люминесцентного бактериального теста «Эколюм» Номер по каталогу ИФ 21-01. ТУ 2639-236-00209792-01.

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (с изменениями и дополнениями)

Содержание тяжелых металлов в воде всех исследуемых родников г. Владимира значительно ниже ПДК, и тенденции роста их концентраций за анализируемый период не выявлено, что говорит о том, что почвы в местах расположения родников, являющиеся геохимическим барьером для тяжелых металлов, на сегодняшний день выполняют свои защитные экологические функции, практически полностью исключая попадание ТМ в грунтовые воды, питающие родники.

В табл. 3 представлены данные по содержанию катионов и анионов в родниках г. Владимира за исследуемый период.

На протяжении пятилетнего периода на некоторых родниках наблюдаются значения выше ПДК по нитратам. Данное превышение выявлено у родника № 3 (рис. 2), близкие значения к ПДК по нитратам имеют родники № 2 и № 5 — до 0,83 ПДК. В настоящее время установлено, что повышенное содержание нитратов в питьевой воде может привести к развитию неканцерогенных рисков для здоровья людей — вызывать патологии сердечно-сосудистой системы и печени, желудочно-кишечного тракта, почек, кожного покрова, эндокринной системы, отклонения в физическом развитии детей [17–19]. Превышение нитратов

Таблица 2. Показатели содержания тяжелых металлов в воде исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 2. Heavy metal concentrations (mg/dm³) in spring water in Vladimir, 2017–2021

Металл / Metal	ПДК, мг/дм ³ / MPC, mg/dm ³	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Fe	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cu ²⁺	1,0	0,0012–0,0052*	0,0016–0,0048	0,0014–0,0043	0,0012–0,0041	0,0013–0,0059
Zn ²⁺	5,0	0,002–0,005	0,0024–0,0058	0,0027–0,0069	0,0035–0,0065	0,0037–0,0066
Mn ²⁺	0,1	< 0,001–0,004	< 0,001–0,0052	< 0,001–0,0082	< 0,001–0,0072	< 0,001–0,0068
Ni ²⁺	0,1	< 0,001–0,009	< 0,001–0,0079	< 0,001–0,0062	< 0,001–0,0048	< 0,001–0,0046
Cd ²⁺	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Pb ²⁺	0,03	< 0,001–0,0073	< 0,001–0,0064	< 0,001–0,0059	< 0,001–0,0041	< 0,001
Al ³⁺	0,5	0,0360–0,0684	0,0382–0,0715	0,0293–0,0749	0,0265–0,0792	0,0255–0,0652
Cr ⁶⁺	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

Таблица 3. Содержание катионов и анионов в воде родников г. Владимира (2017–2021 гг.)

Table 3. Cation and anion contents (mg/dm³) in spring water in Vladimir, 2017–2021

Показатель / Indicator	ПДК, мг/дм ³ / MPC, mg/dm ³	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Ca ²⁺		45,2–123,8*	45,1–112,2	32,1–116,3	38,1–112,2	34,1–120,2
Mg ²⁺		10,8–28,6	11,0–31,0	11,6–33,5	4,7–18,3	4,9–19,5
NH ⁴⁺ (expressed as N)	2,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,07	< 0,1
NO ²⁻	3,0	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003–0,006	< 0,003–0,007
NO ³⁻	45,0	3,4–57,4	3,5–57,0	3,8–57,8	4,8–60,0	6,4–53,0
PO ₄ ³⁻	3,5	0,12–0,62	0,13–0,60	0,11–0,57	0,12–0,59	0,12–0,54
SO ₄ ²⁻	500	35,6–189,8	40,0–178,6	37,0–182,4	46,9–146,8	44,9–135,0
Cl ⁻	350	21,2–112,0	22,0–109,8	21,2–113,0	17,4–93,5	18,5–96,3
F ⁻	1,5	0,03–0,24	0,03–0,21	0,02–0,29	0,02–0,20	0,02–0,21

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

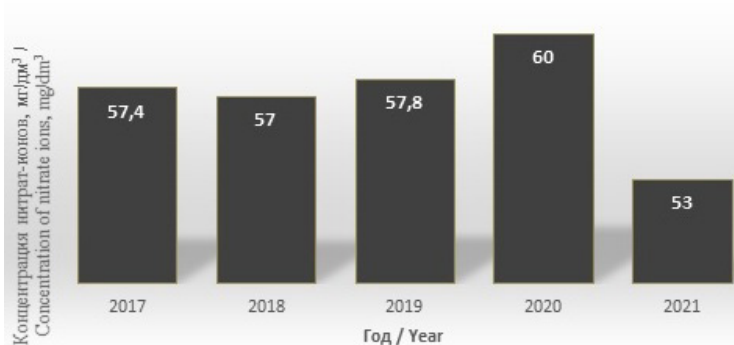


Рис. 2. Содержание нитрат-ионов в воде родника № 3

Fig. 2. Water levels of nitrate ions in Spring No. 3, 2017–2021

в воде приводит к метгемоглобинемии, нарушению окислительной функции крови, особенно у искусственно вскармливаемых детей⁸ [20–22].

Обнаруженное превышение нитратов в воде указанных родников обусловлено прежде всего антропогенным фактором: родники № 2 и 3 находятся в зоне жилых застроек, связанных с частным сектором, родник № 5 находится в зоне садоводческого товарищества. Повышенное содержание нитратов связано прежде всего с чрезмерным применением удобрений или в результате просачивания сточной воды или других органических отходов в поверхностные и подземные воды, поэтому обустройство санитарных зон около данных родников является актуальной задачей.

Анализируя табл. 3, можно обратить внимание на низкие концентрации в воде родников таких ионов, как Mg^{2+} и F^{-} . Содержание ионов Mg^{2+} в роднике № 3 и роднике № 6 находится ниже нижнего предела физиологической полноценности воды и составляет 4,7–4,9 мг/дм³ при норме физиологической полноценности 5–65 мг/дм³, а фторид-ионов во всех исследуемых родниках — на уровне ниже предела физиологической полноценности воды и составляет 0,02–0,29 мг/дм³ при норме 0,5–1,5 мг/дм³ [4]. Дефицит магния в организме может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, гипертонической болезни, судорогам [23,24]. Недостаток фтора в организме, связанный с его низкой концентрацией в питьевой воде, приводит к возникновению кариеса [25]. Таким образом, считать воду в родниках г. Владимира полностью полезной и физиологически полноценной из-за низкого содержания отдельных микроэлементов нельзя.

Данные по общим показателям воды родников г. Владимира представлены в табл. 4.

Анализ табл. 4 показывает, что есть превышение ПДК по жесткости. Это превышение касается прежде всего родника № 2, причем в течение всего наблюдаемого периода (значение жесткости колеблется от 7,72 до 8,33 мг-экв/дм³ при ПДК 7,0 мг-экв/дм³), что обусловлено в первую очередь повышенным содержанием в данном роднике солей кальция и магния, которые попадают в воду вследствие выщелачивания из водовмещающих пород.

Наиболее мягкая вода родника № 1 (показатель жесткости в пределах 3,38–4,46 мг-экв/дм³). У остальных родников показатель жесткости в пределах ПДК. Следует отметить, что кратковременное употребление более жесткой или более мягкой воды не является опасным для здоровья. Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью может привести к накоплению солей в организме, заболеванию суставов (артриты, полиартриты), образованию камней в желчном и мочевом пузыре.

Нижняя граница значений pH находится в пределах 6,09–6,17, что близко к нижней границе нормативного значения pH. Такие значения pH имеет вода родника № 1, у остальных родников pH в пределах нормы. Вода с такими довольно низкими значениями pH обычно считается слабодокислой (pH 5,0–6,5). Длительное употребление такой воды может привести к развитию ряда патологий. В организме развивается кислотная среда, при которой возможны болезни ЖКТ, нарушение обмена веществ и т.д. Если границы pH в России в соответствии с СанПин 1.2.3685–21⁹ установлены в пределах 6–9 ед. pH, то в зарубежных странах более жесткие требования к водородному показателю: в ЕС (согласно директиве Совета ЕС «По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком»¹⁰ (98/83) — 6,5–9,5 ед. pH, а в нормах Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA) — 6,5–8,5 ед. pH¹¹. Большинство ученых считают, что границы pH для питьевой воды должны быть в пределах от 6,5 до 8,5 ед. pH. Содержание АПАВ, сухого остатка и показателя перманганатной окисляемости всех родниковых вод за исследуемый период находились ниже нормативно установленных значений.

Учитывая тот факт, что безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим показателям, авторами были проанализированы данные по ним за период 2017–2021 гг. В табл. 5 представлены данные по микробиологическим показателям анализируемых родников. Так как в 2017–2018 гг. микробиологические показатели всех исследуемых родников были в норме, в табл. 5 включены данные только за 2018 и 2020–2021 гг. и для тех родников, у которых были обнаружены

Таблица 4. Органолептические показатели воды исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 4. General parameters of spring water quality in Vladimir, 2017–2021

Показатель, ед. измерения / Parameter, unit of measurement	Норматив / Standard	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
pH	6–9	6,17–7,02*	6,09–7,02	6,10–7,09	6,08–7,12	6,12–7,22
Жесткость, мг-экв/дм ³ / Hardness, mg-eq/dm ³	7,0	3,14–8,33	3,17–8,19	3,38–7,94	4,46–7,89	4,36–7,72
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /дм ³ / Permanganate index, mg O ₂ /dm ³	5,0	0,25–0,55	0,25–1,04	0,32–1,32	0,47–1,33	0,68–1,24
Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³	1000	240–608	252–598	259–582	331–527	324–534
АПАВ, мг/дм ³ / Anionic surfactants, mg/dm ³	0,5	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

⁸ Руководство по обеспечению качества питьевой воды. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004. Т. 1: 3-е изд. 63 с.

⁹ СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

¹⁰ Директива Совета ЕС «По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком».

¹¹ Нормы Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA).

Таблица 5. Микробиологические показатели воды родников
Table 5. Microbiological parameters of spring water quality in Vladimir

Номер родника / Spring No.	Год / Year	Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл / Total coliform bacteria, CFU/100 mL	Термотолерантные колиформные бактерии, в 100 мл / Thermotolerant coliform bacteria, per 100 mL	Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/мл / Total plate count, CFU/mL
2	2018	0	0	0
	2020	3	3	0
	2021	21	0	6
3	2018	0	0	0
	2020	0	0	0
	2021	12	0	0
4	2018	0	5	1
	2020	3	0	0
	2021	9	0	0
5	2018	0	0	0
	2020	0	0	0
	2021	39	39	2
Норматив / Standard		0	0	100

Таблица 6. Показатели воды, отобранной из родников г. Владимира в 2022 г.
Table 6. Quality parameters of water sampled from the springs of Vladimir in February 2022

Номер родника / Spring No.	pH	Жесткость, мг·эquiv/дм³ / Hardness, mg-eq/dm³	Нитраты, мг/дм³ / Nitrates, mg/dm³	Индекс токсичности / Toxicity index
1	5,8	4,5	21,99	0
2	6,6	7,5	34,87	0
3	6,2	7,8	69,57	
4	6,4	6,9	8,76	0
5	6,7	7,0	43,89	0
6	6,9	7,1	2,77	0

нарушения микробиологических показателей за данные периоды.

Вода родника № 4 (с 2018 г.), родника № 2 (с 2020 г.), родника № 3 и родника № 5 (с 2021 г.) по бактериальной загрязненности не соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности и качеству питьевой воды, установленными СанПин 1.2.3685–21. Наличие термотолерантных колиформных бактерий говорит о плохом каптаже (место сбора подземных вод в местах их выхода на поверхность) указанных источников и о попадании в воду продуктов жизнедеятельности человека и животных. Для данных родников в обязательном порядке необходимо организовать санитарную очистку территорий и благоустройство каптажей.

В феврале 2022 года авторами исследования были отобраны образцы проб воды из исследуемых родников с целью определения тех показателей, которые имели превышения в период 2017–2021 гг., а также для определения индекса токсичности воды родников. Результаты определений представлены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что по-прежнему наблюдается превышение жесткости у родников № 2, 3, 6. У родников № 4 и 5 значения жесткости близки к ПДК (0,98–1 ПДК). По нитратам превышение наблюдается у родника № 3 — 1,4 ПДК, близкое значение к ПДК по нитратам имеет вода родника № 5 — 0,88 ПДК. Измерение pH воды родников показало, что родник № 1 по-прежнему имеет pH ниже нижнего предела водородного показателя,

утвержденного СанПин 1.2.3685–21. Определение индекса токсичности показало отсутствие токсичности у воды всех родников ($T=0$). Это говорит о том, что выявленные в процессе мониторинга следовые количества тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ, органических веществ и, возможно, присутствующие в воде еще какие-то загрязнители, которые не были инструментально выявлены в данном исследовании, не несут рисков и опасностей здоровью населения.

Заключение. Проведенные исследования показали, что вода родников г. Владимира не совсем соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным для воды хозяйственно-питьевого назначения. В роднике № 2 обнаружено превышение по жесткости в течение всего наблюдаемого периода, у родника № 3 — по нитратам, что представляет опасность для здоровья населения. Выявлено низкое содержание ионов магния и фтора в воде всех родников, что снижает физиологическую полноценность воды и несет определенные риски для здоровья человека. В воде родников № 2–5 была выявлена бактериальная загрязненность. Для данных родников необходимо организовать санитарную очистку территорий и благоустройство каптажей. Воду родников в обязательном порядке необходимо кипятить. В связи с тем что качество воды родников подвержено постоянным изменениям, которые связаны как с сезонностью и погодными условиями, так и с возрастающим антропогенным

фактором, экологический мониторинг родников необходимо проводить на регулярной основе, что позволит предупредить возможные риски заболеваний жителей города Владимира.

Список литературы

- Нефедьева Т.А., Калюкова Е.Н. Качество питьевой воды подземных водных объектов Чердаклинского района Ульяновской области и здоровье населения // Вода: химия и экология. 2018. № 1-3 (114). С. 141–146.
- Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова А.Х. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода: химия и экология. 2012. № 3 (45). С. 48–53.
- Laskar N, Singh U, Kumar R, Meena SK. Spring water quality and assessment of associated health risks around the urban Tuirial landfill site in Aizawl, Mizoram, India. *Groundw Sustain Dev*. 2022;17:100726. doi: 10.1016/j.gsd.2022.100726
- Чеснокова С.М., Савельев О.В. Оценка качества воды децентрализованных источников водоснабжения г. Владимира // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 2. С.м25–31.
- Costa C, Assunzro R, Sequeira D, et al. From trihalomethanes chronic daily intake through multiple exposure routes to cancer and non-cancer health risk assessment: Evidence from public Portuguese Indoor swimming pools facilities using a probabilistic approach. *Sci Total Environ*. 2022;818:151790. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151790
- Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Южно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 2. С.99–110. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
- Huang W-C, Liu M, Zhang F-G, et al. Removal of disinfection byproducts and toxicity of chlorinated water by post-treatments of ultraviolet/hydrogen peroxide and ultraviolet/peroxymonosulfate. *J Clean Prod*. 2022;352:131563. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30038-8
- Abu-Khader MM, Bilbiesy E, Abusalim F, et al. Evaluation of ultra-filtration ceramic membrane plant for the treatment of drinking water from Ram group aquifers in south Jordan. *Groundw Sustain Dev*. 2022;16:100723. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100723
- Álvarez-Arroyo R, Pérez JI, Ruiz LM, Gómez MA. Chlorination by-products formation in a drinking water distribution system treated by ultrafiltration associated with pre-ozonation or coagulation/flocculation. *J Water Process Eng*. 2022;47:102779. doi: 10.1016/j.jwpe.2022.102779
- Трифонов Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Подолец А.А. Гигиеническая оценка содержания фтора в воде централизованного водоснабжения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 701–706. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706
- Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Пикалов Е.С., Чеснокова С.М., Подолец А.А. Очистка воды от фторид – ионов лантаносодержащим керамическим материалом // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 8. С. 28–31. doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31.
- Selivanov OG, Pikalov ES, Kolosova AS. Ceramic material for fluoride and phosphate ions removal from natural water. *IJETER*. 2020;8(5):1732–1735. Accessed April 23, 2022. <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter39852020.pdf>
- Марцев А.А., Селиванов О.Г. Влияние природных минералов на физико-химические показатели питьевой воды // Экология промышленного производства. 2021. № 1 (113). С. 22–25. doi: 10.52190/2073-2589_2021_1_22
- Альмитова Л.И., Макаева В.И., Макаева А.Р. Результаты исследования качества родниковых вод республики Татарстан // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 5. С. 75–83. doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-5
- Орлов А.А. Гигиенические особенности использования родников для питьевого водопользования городского и сельского населения // Медицина труда и экология человека. 2016. № 2 (6). С. 33–37.
- Семенов В.С., Титова С.М., Воронина А.В. Определение качества воды в родниках Екатеринбурга и Свердловской области // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 5. С. 126–138. doi: 10.35567/1999-4508-2020-5-8
- Боева А.С., Прожорина Т.И., Баскакова А.Г. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 5. С. 62–74. doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-4
- Косарев А.В., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Савина К.А. Оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, обусловленных качеством питьевой воды родников аридной зоны // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1294–1300. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300
- Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Вандышева А.Ю., Чигвинцев В.М. Особенности нарушений физического развития детей, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием нитратов // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 40–48.
- Shuval HI, Gruener N. Infant methemoglobinemia and other health effects of nitrates in drinking water. *Proceedings of the Conference on Nitrogen As a Water Pollutant*. Elsevier Science; 2013;8.4:183–193. doi: 10.1016/B978-1-4832-1344-6.50017-4
- Johnson SF. Methemoglobinemia: Infants at risk. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2019;49(3):57–67. doi: 10.1016/j.cppeds.2019.03.002
- Fan AM. Health, exposure and regulatory implications of nitrate and nitrite in drinking water. In: *Encyclopedia of Environmental Health*. 2nd ed. Elsevier; 2019:417–435. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11837-8
- Нефедьева Т.А., Благовещенская Н.В. Качество родниковой воды Ульяновской области // Ульяновский медико-биологический журнал. 2018. № 4. С. 143–155. doi: 10.23648/UMBJ.2018.32.22704
- Малькова И.Л. Медико-географическая оценка химического состава подземных питьевых вод Удмуртии. Наука Удмуртии. 2015. № 3 (73). С. 124–139.
- Канатникова Н.В., Захарченко Г.Л. Физиологическая роль фтора и его содержание в питьевой воде Орловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 5 (206). С. 40–43.

References

- Nefedieva TA, Kaljukova EN. The quality of drinking water from underground water objects Cherdaklinsky district of the Ulyanovsk region and public health. *Voda: Khimiya i Ekologiya*. 2018;(1-3(114)):141–146. (In Russ.)
- Ivanov AV, Tafeyeva EA, Davletova NK, Vavashkin KV. Drinking water impact on human health. *Voda: Khimiya i Ekologiya*. 2012;(3(45)):48–53. (In Russ.)
- Laskar N, Singh U, Kumar R, Meena SK. Spring water quality and assessment of associated health risks around the urban Tuirial landfill site in Aizawl, Mizoram, India. *Groundw Sustain Dev*. 2022;17:100726. doi: 10.1016/j.gsd.2022.100726
- Chesnokova SM, Savel'ev OV. Estimation of water quality in decentralized water supply sources of Vladimir. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*. 2019;(2):25–31. (In Russ.)

5. Costa C, Assunçro R, Sequeira D, et al. From trihalomethanes chronic daily intake through multiple exposure routes to cancer and non-cancer health risk assessment: Evidence from public Portuguese Indoor swimming pools facilities using a probabilistic approach. *Sci Total Environ.* 2022;818:151790. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151790
6. Marchenko BI, Zhuravlev PV, Plugotarenko NK, Yuhno AI. Assessment of carcinogenic risk from exposure to chlororganic compounds of water of systems of centralized water supply. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(2):99-110. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
7. Huang W-C, Liu M, Zhang F-G, et al. Removal of disinfection byproducts and toxicity of chlorinated water by post-treatments of ultraviolet/hydrogen peroxide and ultraviolet/peroxymonosulfate. *J Clean Prod.* 2022;352:131563. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30038-8
8. Abu-Khader MM, Bilbiesy E, Abusalim F, et al. Evaluation of ultra-filtration ceramic membrane plant for the treatment of drinking water from Ram group aquifers in south Jordan. *Groundw Sustain Dev.* 2022;16:100723. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100723
9. Álvarez-Arroyo R, Pérez JI, Ruiz LM, Gómez MA. Chlorination by-products formation in a drinking water distribution system treated by ultrafiltration associated with pre-ozonation or coagulation/flocculation. *J Water Process Eng.* 2022;47:102779. doi: 10.1016/j.jwpe.2022.102779
10. Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, Podolets AA. Fluorine content in water of centralized water supply in the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(7):701-706. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706
11. Chukhlanov VYu, Selivanov OG, Pikalov ES, Chesnokova SM, Podolets AA. [Water purification from fluoride ions with a lanthanum-containing ceramic material.] *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii.* 2018;22(8):28-31. (In Russ.) doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31
12. Selivanov OG, Pikalov ES, Kolosova AS. Ceramic material for fluoride and phosphate ions removal from natural water. *IJETER.* 2020;8(5):1732-1735. Accessed April 23, 2022. <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter39852020.pdf>
13. Martsev AA, Selivanov OG. Influence of natural minerals on physical and chemical parameters of drinking water. *Ekologiya Promyshlennogo Proizvodstva.* 2021;(1(113)):22-25. (In Russ.) doi: 10.52190/2073-2589_2021_1_22
14. Almitova LI, Makaeva VI, Makaeva AR. Results of quality studies of spring waters of the Republic of Tatarstan. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2021;(5):75-83. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-5
15. Orlov AA. Hygienic features of the use of springs for drinking water supply for urban and rural population. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka.* 2016;(2(6)):33-37. (In Russ.)
16. Semenishchev VS, Titova SM, Voronina AV. Determination of water quality in springs of Ekaterinburg and Sverdlovsk Oblast. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2020;(5):126-138. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2020-5-8
17. Boeva AS, Prozhorina TI, Baskakova AG. Assessment of environmental risks to the Voronezh Oblast public health resulted from contamination of drinking water sources. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2021;(5):62-74. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-4
18. Kosarev AV, Ivanov DE, Mikerov AN, Savina KA. Evaluation of a carcinogenic and non-carcinogenic health risks due to the quality of drinking water by springs in the arid zone. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(11):1294-1300. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300
19. Luzhetskiy KP, Ustinova OYu, Vandysheva AYU, Chigvintsev VM. Peculiarities of disorders in physical development of children consuming drinking water with increased nitrate content. *Voprosy Pitaniya.* 2017;86(3):40-48. (In Russ.)
20. Shuval HI, Gruener N. Infant methemoglobinemia and other health effects of nitrates in drinking water. *Proceedings of the Conference on Nitrogen As a Water Pollutant.* Elsevier Science; 2013;8.4:183-193. doi: 10.1016/B978-1-4832-1344-6.50017-4
21. Johnson SF. Methemoglobinemia: Infants at risk. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2019;49(3):57-67. doi: 10.1016/j.cppeds.2019.03.002
22. Fan AM. Health, exposure and regulatory implications of nitrate and nitrite in drinking water. In: *Encyclopedia of Environmental Health.* 2nd ed. Elsevier; 2019:417-435. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11837-8
23. Nefed'eva TA, Blagoveshchenskaya NV. Quality of spring water in Ulyanovsk region. *Ul'yanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal.* 2018;(4):143-155. (In Russ.) doi: 10.23648/UMBJ.2018.32.22704
24. Malkova IL. [Medico-geographical assessment of the chemical composition of underground drinking waters of Udmurtia.] *Nauka Udmurtii.* 2015;(3(73)):124-139. (In Russ.)
25. Kanatnikova NV, Zakharchenko GL. Physiological role of fluorine and its containing in drinking water of the Orlovsky region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2010;(5(206)):40-43. (In Russ.)



© Коллектив авторов, 2022

УДК 613.955



Гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся школ и гимназий Нижнего Новгорода

Е.С. Богомолова¹, Н.В. Котова¹, Е.О. Максименко¹, Е.А. Олюшина¹,
К.А. Лангуев¹, Е.В. Кокурина²

¹ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

² ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области», ул. Кулибина, д. 11, г. Нижний Новгород, 603022, Российская Федерация

Резюме

Введение. Современные модели обучения в образовательных организациях, включающие дистанционный формат, могут сопровождаться негативными изменениями в состоянии здоровья учащихся.

Цель исследования: гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся общеобразовательных школ и гимназий.

Материалы и методы. Разработанная авторская анкета «Влияние дистанционного обучения на функциональное состояние и здоровье учащихся» состояла из трех блоков: учебная деятельность, режим дня, оценка самочувствия. Проанкетировано 3026 учащихся 5–9-х классов 8 школ и 5 гимназий Нижнего Новгорода в последний месяц учебного года (2020 г.). Материалы исследования подвергнуты статистической обработке с использованием программы IBM SPSS Statistics.

Результаты. Дистанционное обучение включало online-, offline-уроки (70,7 %) и задания для самостоятельного обучения (чаще в школах по сравнению с гимназиями). Продолжительность использования электронных устройств превышала 6 часов в день у учащихся средней школы. Большинство учащихся школ (73,4 %) и гимназий (67,0 %) отметили увеличение объема домашних заданий по сравнению с очным обучением. Значительно снизилась продолжительность пребывания детей на свежем воздухе. Отмечено преобладание пассивного отдыха над двигательной активностью. Преобладали жалобы на ухудшение самочувствия: боли в спине, запястьях, головные боли, которые чаще отмечали учащиеся школ по сравнению с учащимися гимназий.

Выводы. Полученные результаты позволяют отметить, что дистанционный формат обучения изменил образ жизни школьников и гимназистов. Отмечено увеличение использования электронных устройств, преобладание статических видов деятельности, развитие отклонений со стороны опорно-двигательного аппарата и органа зрения. Школьники в большей степени отметили негативные последствия дистанционного обучения по сравнению с учащимися гимназий.

Ключевые слова: электронные цифровые устройства, дистанционное обучение, учащиеся образовательных организаций, учебная деятельность, здоровье.

Для цитирования: Богомолова Е.С., Котова Н.В., Максименко Е.О., Олюшина Е.А., Лангуев К.А., Кокурина Е.В. Гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся школ и гимназий Нижнего Новгорода // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 32–39. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39>

Сведения об авторах:

✉ **Богомолова** Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Котова Наталья Валерьевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kotowa.natasha@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4388-1085>.

Максименко Екатерина Олеговна – к.м.н., доцент, доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: prevmed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2833-809X>.

Олюшина Екатерина Анатольевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: ekatanatol@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4900-2667>.

Лангуев Константин Александрович – аспирант, ассистент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: lka-2008@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6960-3940>.

Кокурина Екатерина Владимировна – специалист ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области»; e-mail: kokurinaev@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1105-937X>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Богомолова Е.С., Котова Н.В., Максименко Е.О.; сбор данных: Лангуев К.А.; анализ и интерпретация результатов: Кокурина Е.В., Максименко Е.О., Котова Н.В., Олюшина Е.А.; литературный обзор: Кокурина Е.В., Максименко Е.О.; подготовка рукописи: Максименко Е.О., Котова Н.В., Олюшина Е.А., Лангуев К.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании Локального этического комитета ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (Протокол № 1 от 14.01.2022). От всех участников было получено добровольное 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: 23.11.21 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Hygienic Assessment of Distance Learning in Schools and Gymnasiums of Nizhny Novgorod

Elena S. Bogomolova,¹ Natalia V. Kotova,¹ Ekaterina O. Maksimenko,¹
Ekaterina A. Olyushina,¹ Konstantin A. Languev,¹ Ekaterina V. Kokurina²

¹ Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square,
Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

² Center for Hygiene and Epidemiology in the Nizhny Novgorod Region,
11 Kulibin Street, Nizhny Novgorod, 603022, Russian Federation

Summary

Introduction: Current school teaching methods including distance learning may have adverse health effects in children.

Objective: To assess health effects of online education in students of comprehensive secondary schools and gymnasiums.

Materials and methods: We developed a questionnaire to establish the impact of distance learning on the functional state and health of students comprising three sections: educational activities, daily routine and self-rated health. In May 2020, 3,026 fifth to ninth-year students from eight comprehensive schools and five gymnasiums of the city of Nizhny Novgorod, including 1,430 boys and 1,596 girls, filled out the questionnaire and their answers were then analyzed using IBM SPSS Statistics software, version 5.1.

Results: Distance learning included online and offline classes (70.7 % in total) and self-study assignments, the latter being more common in the comprehensive schools than in the gymnasiums. The majority of the respondents from the schools (73.4 %) and gymnasiums (67.0 %) noted a greater amount of homework during e-learning compared to offline education. They also reported less time spent outdoors and much more passive leisure. Complaints of increased back and wrist pain and headaches were more frequent in the students of comprehensive secondary schools.

Conclusions: Our findings show that distance learning changed the way of life of all the children surveyed. We observed an increased screen time, the prevalence of static activities, and the development of musculoskeletal and eye disorders. The comprehensive school students noted more negative consequences of online learning compared to their peers studying in the gymnasiums.

Keywords: digital devices, distance learning, schoolchildren, educational activities, health.

For citation: Bogomolova ES, Kotova NV, Maksimenko EO, Olyushina EA, Languiev KA, Kokurina EV. Hygienic assessment of distance learning in schools and gymnasiums of Nizhny Novgorod. *Zdorov'e Nасeleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):32–39. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39>

Author information:

✉ Elena S. **Bogomolova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Hygiene, Vice Rector for Academic Affairs, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Natalia V. **Kotova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: kotowa.natasha@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4388-1085>.

Ekaterina O. **Maksimenko**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: prevmed@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2833-809X>.

Ekaterina A. **Olyushina**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: ekatanatol@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4900-2667>.

Konstantin A. **Languiev**, Postgraduate student, assistant, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: lka-2008@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6960-3940>.

Ekaterina V. **Kokurina**, Hygienist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Nizhny Novgorod Region; e-mail: kokurinaev@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1105-937X>.

Author contributions: study conception and design: Bogomolova E.S., Kotova N.V., Maksimenko E.O.; data collection: Languiev K.A.; analysis and interpretation of results: Kokurina E.V., Maksimenko E.O., Kotova N.V., Olyushina E.A.; literature review: Kokurina E.V., Maksimenko E.O.; draft manuscript preparation: Maksimenko E.O., Kotova N.V., Olyushina E.A., Languiev K.A. 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 the Privolzhsky Research Medical University, Minutes No. 41 of April 6, 2020. Written informed consent was obtained from all participants.

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

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

Received: November 23, 2021 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. В настоящее время образование в России стремительно и постоянно модернизируется. Это связано прежде всего с более интенсивным использованием цифровых средств в обучении и досуговой деятельности детей и подростков [1, 2]. Реализация образовательных программ с применением электронного (цифрового) обучения и дистанционных образовательных технологий юридически закреплена в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» и федеральных государственных образовательных стандартах общего образования¹. Правительством Российской Федерации было принято решение о запуске нового приоритетного проекта «Цифровая школа», целью которого является создание к 2024 году современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней [3,4].

Полный переход образовательных организаций на дистанционное обучение (ДО) значительно изменил механизм освоения детьми образовательной программы и существенно увеличил вовлечение их в информационно-коммуникационную среду [5–9].

Исследования ряда авторов показали, что не все участники образовательных отношений оказались подготовлены к такой форме учебной деятельности: зачастую отсутствовало стабильное интернет-соединение и стационарные элек-

тронные устройства (ЭУ), недостаточно опыта работы в удаленном доступе для организации и проведения занятий в онлайн-режиме, низкая цифровая грамотность как некоторых учащихся, так и отдельных учителей [10–14].

Дистанционная форма обучения затронула все ступени общего среднего образования. Следует отметить, что учащиеся средней ступени (5–9-е классы) — это дети и подростки, находящиеся в сложном переходном возрасте, их физическое развитие характеризуется большой интенсивностью, неравномерностью и кардинальными перестройками в организме, связанными с началом полового созревания. Создание благоприятных условий для школьников данного возрастного периода — залог здоровья взрослого человека [15–19]. Кроме того, учащиеся средней ступени обучения имеют возрастающие учебные нагрузки в связи с введением большого количества новых предметов и усложнением учебного материала. Обеспечение гигиенической безопасности жизнедеятельности детей и подростков при использовании информационных технологий в период ДО является необходимым условием их гармоничного роста, развития и формирования здоровья [20–25].

В настоящее время условия использования информационно-коммуникационных технологий и электронных средств обучения регламентируются нормативными правовыми актами и методическими документами, разработанными при участии

¹ Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» от 17 декабря 2010 г. № 1897.

сотрудников НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НЦЗД» Минздрава России². При этом в современной литературе немного научных исследований о воздействии системы ДО на состояние здоровья школьников. Сегодня оно воспринимается неоднозначно, и принятие решений по внедрению удаленного процесса обучения должно основываться на достоверных и научно обоснованных данных [26–30].

Цель исследования: гигиеническая оценка дистанционного обучения учащихся общеобразовательных школ и гимназий.

Материалы и методы. По разработанной анкете «Влияние дистанционного обучения на функциональное состояние и здоровье учащихся», которая включает 33 вопроса, касающихся учебной деятельности, двигательной активности учащихся, влияния дистанционного обучения на здоровье и самочувствие, проведено Google-анкетирование в последний месяц учебного года (2020 г.). В нем приняли участие 3026 учащихся 5–9-х классов 8 школ и 5 гимназий Нижнего Новгорода. Распределение по полу: 1430 мальчиков и 1596 девочек. Распределение по классам: 5-й класс – 557 человек, 6-й класс – 539 человек, 7-й класс – 676 человек, 8-й класс – 669 человек, 9-й класс – 585 человек. Распределение по виду образовательной организации: 8 общеобразовательных организаций (далее – ОО) – 1542 человека, 5 гимназий – 1484 человека. Средний возраст обучающихся $M \pm m = 14,2 \pm 0,2$. В вопросах, связанных с определенной периодичностью наличия жалоб (боли в спине, шее, запястьях, усталость глаз, головные боли и шум в ушах, трудности в восприятии и запоминании учебной информации), критериями отнесения ответов являются следующие характеристики (следующая кратность): постоянно – наличие симптомов каждый день, периодически – несколько раз в неделю, никогда – реже 1 раза в неделю. Материалы исследования статистически обработаны с использованием программы IBM SPSS Statistics, версия 5.1. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Исследование показало, что большинство детей (85,8 %) имели свое организованное учебное место – компьютерный стол. У 13,9 % опрошенных не было специальное организованное место для дистанционных занятий. Во время ДО 25,5 % учащихся пользовались ноутбуком и сотовым телефоном, 19,3 % – компьютером и телефоном. Существенная доля детей (17,1 %) использовали для обучения только сотовый телефон, 12,3 % школьников – только ноутбук или компьютер.

Выявили, что в гимназиях дети чаще соблюдали оптимальное с гигиенической точки зрения расстояние от глаз до монитора, чем в общеобразовательных школах (табл. 1).

По результатам исследования ДО проходило в разных формах: у 8 % школьников в виде онлайн-уроков, у 21,1 % в виде заданий для самостоятельного изучения, у 70,7 % в смешанной форме. Online- и offline-уроки (смешанная форма) чаще проводились в гимназиях (74,9 против 66,7 % в ОО, $p = 0,000$). В общеобразовательных организациях педагоги чаще использовали задания для самостоятельного обучения (ОО – 25,8 %, гимназии – 16,2 %).

При оценке общей продолжительности использования электронных средств обучения учащимися установили, что свыше 6 часов в день ЭУ использует почти половина учащихся 5–7-х классов и больше половины учащихся 8–9-х классов, причем с возрастом продолжительность использования ЭУ увеличивается (табл. 2).

Основная доля учащихся ОО (73,4 %) и гимназий (67,0 %) отметили увеличение объема домашних заданий по сравнению с очным обучением (табл. 3).

По результатам опроса 45,7 % учащихся ОО и 54,0 % учащихся гимназий тратили на выполнение домашних заданий от 2,0 до 3,5 часа ($p = 0,002$). Остальные дети осуществляли подготовку заданий в течение 3,5 часа и более. Во время ДО у каждого третьего школьника независимо от типа образовательной организации увели-

Таблица 1. Распределение школьников образовательных организаций в зависимости от соблюдения расстояния от глаз до монитора, %

Table 1. Percent distribution of the secondary school children by the reported viewing distance

Расстояние от глаз до монитора, см / Eye-to-screen distance, cm	Образовательные организации / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
50–70 (расстояние вытянутой руки / arm's length)	67,5	71,2	69,3
< 50	32,5	28,8	30,7
Статистика / Statistics	$p = 0,007$		

Таблица 2. Распределение школьников образовательных организаций в зависимости от соблюдения расстояния от глаз до монитора, %

Table 2. Percent distribution of the secondary school children in different grades by screen time

Продолжительность использования электронных устройств, часов / Screen time, hours	Классы / Grades					Всего / Total
	5	6	7	8	9	
< 6	56,9	60,3	50,9	43,9	42,1	50,4
≥ 6	43,1	40,7	49,1	56,1	57,9	49,6
Статистика / Statistics	$p = 0,000$					

² СП 2.4.3648–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28.

Таблица 3. Распределение школьников при ответе на вопрос об увеличении объема домашних заданий, %

Table 3. Percent distribution of the secondary school children by the reported increase in the amount of homework during online learning

Увеличение объема до-машних заданий / Larger amount of homework	Образовательное учреждение / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
Да / Yes	73,4	67,0	70,3
Нет / No	26,6	33,0	29,7
Статистика / Statistics	$p = 0,000$		

чилось время выполнения домашнего задания на 1–2 часа, у 38,9 и 28,8 % обучающихся ОО и гимназий соответственно – на 2–3 часа; лишь у трети школьников время выполнения домашнего задания осталось прежним (28,2 % обучающихся ОО против 37,8 % гимназистов).

Для подготовки домашнего задания в большей степени требовалось использование цифровых устройств, а не традиционных учебников. Такую ситуацию отразили 61,0 и 54,9 % учащихся школ и гимназий соответственно. При этом обучающиеся ОО чаще выполняли домашние задания с использованием электронных устройств (61,0 против 54,9 %) ($p = 0,003$).

На вопрос об увеличении сложности выполнения домашнего задания утвердительно ответили около трети опрошенных, из которых больше учащихся ОО (34,5 против 28,0 %, $p = 0,000$). Половина всех респондентов (ОО – 49,9 %, гимназии – 50,7 %) выбрала ответ «частично». Не испытывали трудности при выполнении домашнего задания каждый пятый обучающийся гимназии (20,8 %) и каждый седьмой обучающийся ОО (15,2 %).

Установлены статистически значимые различия в продолжительности перерывов между уроками во время ДО (табл. 4).

Анализ частоты проведения динамических пауз показал, что 13,9 % детей проводили физкультминутки в перерывах между уроками. Каждый второй школьник (51,5 %) иногда, каждый третий (32,3 %) ученик никогда не устраивали во время перемен динамические паузы.

Регулярно выполняли гимнастику для глаз в перерывах при работе с ЭУ лишь 10,1 % учеников

ОО и 8,0 % учащихся гимназий (табл. 5). Больше половины школьников и 48,5 % гимназистов никогда не делали упражнения для мышц глаз.

Установлена продолжительность прогулок во время ДО. Каждый третий школьник находился круглосуточно дома во время ДО (33,8 %). Во время очного обучения все дети имели возможность находиться на свежем воздухе. Динамика сокращения продолжительности прогулок до и во время ДО показывает существенную разницу в продолжительности прогулок у детей и подростков (рисунок).

Выявили, что во время ДО у основной доли детей и подростков (71,7 %) преобладал пассивный отдых, до введения ДО у 68,0 % школьников был преимущественно активный отдых.

Режим проветривания соблюдали 37,7 % респондентов, треть учеников (31,2 %) проветривали комнату 1–2 раза в день. Иногда проветривали комнату 28,7 % учеников, совсем не открывали окна 2,1 % учащихся. Достаточное совмещенное освещение использовали 72,7 % учащихся, недостаточность освещения указывали 22,6 % школьников, 4,5 % детей никогда не использовали совмещенное освещение.

Одним из основных составляющих режима дня школьника является физиологически полноценный сон. Во время ДО около половины опрошенных (49,6 %) отметили продолжительность ночного сна 6–8 часов. У 12,0 % детей сон длится меньше 6 часов, у 37,8 % – более 8 часов (39,4 % школьников против 36,1 % гимназистов) ($p = 0,010$).

Большинство школьников (66,4 %) ответили, что после введения ДО сон не изменился. Однако 16 % опрошенных указали, что стали ночью про-

Таблица 4. Распределение школьников, отмечающих продолжительность перемены, в зависимости от вида образовательного учреждения, %

Table 4. Percent distribution of the secondary schoolchildren noting the break time during online learning by the type of school

Продолжительность перемены, минут / School break time, minutes	Образовательные учреждения / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
10–15	42,9	29,6	36,4
15–20	30,7	39,3	34,9
30	26,4	31,1	28,7
Статистика / Statistics	$p = 0,000$		

Таблица 5. Распределение учащихся образовательных организаций в зависимости от выполнения гимнастики для глаз в перерывах при работе за компьютером, %

Table 5. Percent distribution of the secondary school children by the reported frequency of eye exercises while using a computer

Выполнение гимнастики для глаз / Frequency of eye exercises	Образовательные учреждения / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
Регулярно / Regularly	10,1	8,0	9,1
Иногда / Sometimes	36,5	43,5	39,9
Никогда / Never	53,4	48,5	51,0
Статистика / Statistics	$p = 0,001$		

сыпаться, у 14,9 % детей ночной сон стал чутким, беспокойным, у 11,3 % стали возникать кошмарные сновидения. Небольшая доля учеников (3,9 %) указали, что появилась потливость.

Оценили влияние ДО на здоровье и самочувствие. Во время работы за компьютером 12,8 % школьников ощущали боли в спине постоянно, у 43,0 % учащихся боль в спине появлялась периодически, чаще среди обучающихся ОО. Среди тех, кто не предъявлял таких жалоб, больше учащихся гимназий (47,8 против 40,8 % таковых в ОО) (табл. 6). Во время работы за компьютером у 26,1 % анкетированных появлялись периодические боли в запястьях, из них чаще у обучающихся ОО (29,4 против 22,7 % в гимназиях, $p = 0,000$). У 7,2 % школьников боли отмечались постоянно. Установили, что во время работы за компьютером каждый третий ребенок жаловался на постоянную усталость глаз, около половины школьников (47,7 %) отмечали ее периодически.

Каждый десятый учащийся (10,6 %) указал, что всегда после использования наушников ощущал

головные боли, «тяжесть» в голове, шум или заложенность в ушах, чаще такие жалобы предъявляли респонденты ОО – 12,1 против 9,0 % учащихся гимназий ($p = 0,000$). Отмечали появление данных симптомов «периодически» 23,9 % респондентов, их также больше в ОО (ОО – 26,2 %, гимназии – 21,4 %). В период ДО постоянно возникали трудности в восприятии и запоминании учебной информации у 28,4 % обследованных, из которых больше школьников ОО. Только четверть детей не испытывали трудностей в восприятии и запоминании учебной информации при обучении в дистанционном формате (табл. 7).

Выявили, какие эмоции чаще всего преобладали у детей во время ДО: спокойствие (38,6 %), которым в основном обладают респонденты мужского пола (мальчики – 42,2 %, девочки – 35,3 %, $p = 0,000$); раздражительность, которую отметили треть учащихся (34,7 %), больше у девочек (38,4 против 30,6 % среди мальчиков).

Обсуждение. Авторы многих исследований указывают, что дистанционный формат обучения

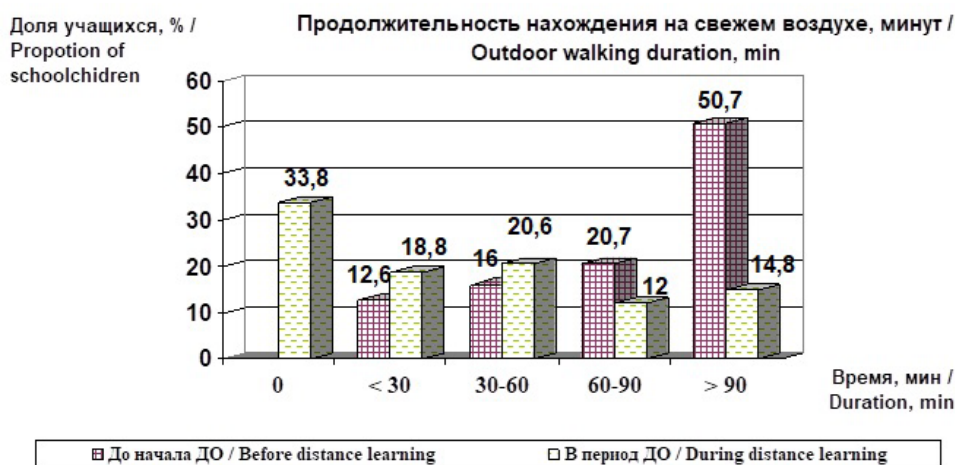


Рисунок. Распределение школьников в зависимости от продолжительности нахождения на свежем воздухе до начала и в период дистанционного обучения, %

Figure. Percent distribution of the secondary schoolchildren by reported outdoor walking duration before and during distance learning

Таблица 6. Распределение школьников, отмечающих появление болей в спине во время работы за компьютером, %

Table 6. Percent distribution of the secondary school children reporting computer-related back pain by its frequency

Боли в спине во время работы за компьютером / Occurrence of computer-related back pain	Образовательные учреждения / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
Постоянно / Always	13,0	12,5	12,8
Периодически / Sometimes	46,2	39,7	43,0
Никогда / Never	40,8	47,8	44,2
Статистика / Statistics	$p = 0,001$		

Таблица 7. Распределение учащихся образовательных организаций в зависимости от возникновения трудностей в восприятии и запоминании учебной информации при ДО, %

Table 7. Percent distribution of the secondary school children by the reported occurrence of difficulties with perception and memorization of information during distance learning

Возникновение трудностей в восприятии и запоминании учебной информации / Difficulty with perception and memorization of information	Образовательные учреждения / Types of school		Всего / Total
	ОО / Comprehensive schools	Гимназии / Gymnasiums	
Да, постоянно / Yes, always	30,6	26,1	28,4
Периодически / Sometimes	44,5	47,1	45,8
Нет, никогда / No, never	24,9	26,8	25,8
Статистика / Statistics	$p = 0,044$		

в отличие от очного предполагает продолжительное взаимодействие учащихся с электронными цифровыми устройствами, что неблагоприятно влияет на самочувствие детей [3–8, 10, 13, 15–22, 25–30].

В обзорной статье Somipam R. Shimray и соавт. приводятся результаты корреляционного анализа используемого при ДО вида ЭУ и жалоб на ухудшение функционального состояния ребенка, свидетельствующие о наиболее высокой корреляции при работе за ПК с появлением беспокойного сна ($r = 0,56$), головных болей и болей в спине ($r = 0,20–0,26$). Авторы сходятся во мнении, что время использования смартфона высоко коррелирует с утомлением глаз, с продолжительностью видеуроков и появлением перепадов настроения [5, 6, 14, 20, 26].

В научной литературе подчеркивается, что при работе с ЭУ учащиеся забывают про свою осанку, яркость экрана и соблюдение расстояния экрана от глаз, что нашло отражение и в нашем исследовании. В публикации Jonathan L.P. и соавт. отмечается, что непрерывный взор на электронный экран в течение длительного времени вызывает дистресс.

Негативное влияние интенсивного использования ЭУ выявлено в исследовании Kwok S.W.H. и соавт.: при использовании смарт-устройства в течение недели (ежедневно) отмечались в 50 % случаев недостаток сна, раздражение глаз у 45 % обследуемых, опорно-двигательные нарушения у 40 %, семейные конфликты и киберзапугивание в 20 и 5 % случаев соответственно.

По результатам нашего исследования установлено несоблюдение правил безопасного использования электронных цифровых устройств большинством респондентов: отсутствие выполнения зрительной гимнастики (51,0 %) и динамических пауз в виде упражнений двигательной активности (32,3 %) во время виртуальных уроков.

Увеличение времени выполнения домашних заданий (более 3 часов) с использованием ЭУ влияет на соблюдение режима дня. Настоящее исследование показало, что 33,8 % учащихся находилось круглосуточно дома во время ДО, а пассивный вид отдыха преобладает у 72,1 % респондентов. При этом правильная организация режима дня, сна и бодрствования, по мнению большинства авторов, — один из управляемых факторов, позволяющий сформировать здоровый образ жизни и нивелировать негативные последствия интенсивного использования ЭУ [3, 9–14, 21–26].

Выводы

1. В период ДО по сравнению с очным обучением у школьников увеличилась длительность применения электронных цифровых устройств.

2. Дистанционный формат обучения оказал значительное влияние на особенности процесса обучения, режим дня в целом и самочувствие учащихся школ и гимназий. В ходе исследования были выявлены факторы риска (интенсификация учебной деятельности, изменение режима дня, ночного сна и дневного бодрствования), неблагоприятно влияющие на состояние здоровья детей во время ДО — возникновение утомляемости, мышечное перенапряжение глаз и запястий. Жалобы на ухудшение самочувствия (боли в спине, запястье; головные боли; нарушение памяти)

чаще отмечали учащиеся школ по сравнению с учащимися гимназий.

3. Существенно снизилась во время ДО двигательная активность школьников, стал преобладать пассивный отдых. Дети меньше времени проводили на свежем воздухе, при этом третья часть обучающихся не выходила на прогулки.

4. Внедрение цифровых средств обучения и информационных технологий в систему школьного образования актуализирует проведение широкомасштабных исследований по обоснованию системы гигиенической безопасности в цифровой школе.

5. Требуется создание государственной системы сертификации и ранжирования электронных учебных материалов и электронных образовательных программ.

Список литературы

1. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Степанова М.И. и др. Научные основы и технологии обеспечения гигиенической безопасности детей в «цифровой школе» // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 12. С. 1385–1391. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-12-1385-1391.
2. Андреев А.А. Солдаткин В.И. Дистанционное обучение: сущность, технология, организация Москва : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. 1999. 196 с.
3. Кучма В.Р., Степанова М.И., Поленова М.А. и др. О программе многоцентровых исследований по обеспечению безопасных для здоровья детей цифровых образовательных технологий // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2019. № 2. С. 4–13.
4. Куликова Т.А. Поддубная Н.А. Инструментальные средства реализации дистанционных образовательных технологий // Стандарты и мониторинг в образовании. 2019. Т. 7. № 1. С. 32–35. doi: 10.12737/article_5c540d3049a748.60754182
5. Мусина В.Е., Попова Я.В., Провоторов В.Э. Дистанционное обучение школьников в образовательной организации: за и против // Наука и образование в условиях цифровой экономики: мировой опыт и национальные приоритеты: сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.). 2020. С. 63–67.
6. Глебова И.А. Проблема подготовленности школьников к обучению в дистанционной форме // Интеграция методической (научно-методической) работы и системы повышения квалификации кадров: материалы XXI Международной научно-практической конференции. Челябинск: Челябинский институт переподготовки и повышения квалификации работников образования. 2020. С. 329–333.
7. Sadeghi M. A shift from classroom to distance learning: Advantages and limitations. *IJREE*. 2019;4(1):80–88. doi: 10.29252/ijree.4.1.80
8. Martin F, Sun T, Westine CD. A systematic review of research on online teaching and learning from 2009 to 2018. *Comput Educ*. 2020;159:104009. doi: 10.1016/j.compedu.2020.104009
9. Pham H-H, Ho T-T-H. Toward a 'new normal' with e-learning in Vietnamese higher education during the post COVID-19 pandemic. *High Educ Res Dev*. 2020;39(7):1327–1331. doi: 10.1080/07294360.2020.1823945
10. Попов В.И., Милушкина О.Ю., Маркелова С.В. и др. Оценка гигиенических рисков для здоровья участников образовательного процесса в период активного внедрения дистанционного обучения // Актуальные проблемы образования и здоровья обучающихся : Монография / Под редакцией В.И. Стародубова, В.А. Тутельяна. Москва: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2020. С. 60–80.

11. Марчук Н.А., Гульманов Н.К. Особенности дистанционного обучения школьников // Молодой учёный. 2020. № 33 (323). С. 123–126.
12. Соколова Н.В. Гончарова Д.Г. Гигиенические аспекты учебного процесса в условиях дистанционного обучения // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования : Сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 декабря 2020 года. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. С. 225–227.
13. Palvia S, Aeron P, Gupta P, et al. Online education: Worldwide status, challenges, trends, and implications. *J Glob Inf Technol Manag.* 2018;21(4):233–241. doi: 10.1080/1097198X.2018.1542262
14. Jebbour M. The unexpected transition to distance learning at Moroccan universities amid COVID-19: A qualitative study on faculty experience. *Soc Sci Humanit Open.* 2022;5(1):100253. doi: 10.1016/j.ssa-ho.2022.100253
15. Фетисова Е.Ю. Миленин Н.С., Сеник А.И. Изучение влияния дистанционного обучения в условиях пандемии на здоровье обучающихся // Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2020. Т. 2. С. 109–115.
16. Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., Маркелова С.В. и др. Влияние электронных устройств на физическое развитие современной молодёжи и рекомендации по регламенту их использования // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2019. № 4. С. 87–94.
17. Özkara T, Bozyigit R. Social studies and geography teacher candidates' views on coronavirus (COVID 19) and online education process. *Rev Int Geogr Educ Online.* 2020;10(3):467–484. doi: 10.33403/rigeo.756757
18. Iivari N, Sharma S, Ventä-Olkkonen L. Digital transformation of everyday life – How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? *Int J Inf Manage.* 2020;55:102183. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102183
19. Kerres M. Against all odds: Education in Germany coping with COVID-19. *Postdigit Sci Educ.* 2020;2:690–694. doi: 10.1007/s42438-020-00130-7
20. Шибкова Д.З., Байгузин П.А., Герасёв А.Д., Айзман Р.И. Влияние технологий цифрового обучения на функциональные и психофизиологические ответы организма: анализ литературы // Science for Education Today. 2021. Т. 11. № 3. С. 125–141. doi: 10.15293/2658-6762.2103.07
21. Кучма В.Р., Поленова М.А., Степанова М.И. Информатизация образования: медико-социальные проблемы, технологии обеспечения гигиенической безопасности обучающихся // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 903–909. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-903-909
22. Skidmore D. Security: A new framework for analysis. *Am Political Sci Rev.* 1999;93(4):1010–1011. doi: 10.2307/2586187
23. Morgan H. Best practices for implementing remote learning during a pandemic. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas.* 2020;93(3):135–141. doi: 10.1080/00098655.2020.1751480
24. Jan A. A phenomenological study of synchronous teaching during COVID-19: A case of an international school in Malaysia. *Soc Sci Humanit Open.* 2020;2(1):100084. doi: 10.1016/j.ssa-ho.2020.100084
25. Sundus M. The impact of using gadgets on children. *J Depress Anxiety.* 2017;07(01). doi: 10.4172/2167-1044.1000296
26. Кучма В.Р., Седова А.С., Степанова М.И. и др. Особенности жизнедеятельности и самочувствия детей и подростков, дистанционно обучающихся во время эпидемии новой коронавирусной инфекции (Covid 19) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 2. С. 4–23.
27. Bernacki ML, Vosicka L, Utz JC. Can a brief, digital skill training intervention help undergraduates “learn to learn” and improve their STEM achievement? *J Educ Psychol.* 2020;112(4):765–781. doi: 10.1037/edu0000405
28. Oyedotun TD. Sudden change of pedagogy in education driven by COVID-19: Perspectives and evaluation from a developing country. *Res Glob.* 2020;2:100029. doi: 10.1016/j.resglo.2020.100029
29. Bao W. COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University. *Hum Behav Emerg Technol.* 2020;2(2):113–115. doi: 10.1002/hbe2.191
30. Burns R. A COVID-19 panacea in digital technologies? Challenges for democracy and higher education. *Dialogues Hum Geogr.* 2020;10(2):246–249. doi: 10.1177/2043820620930832.

References

1. Kuchma VR, Sukhareva LM, Stepanova MI, Chramtsov PI, Aleksandrova IE, Sokolova SB. Scientific bases and technologies of security hygienic safety of children in the “digital school”. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(12):1385–1391. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-12-1385-1391
2. Andreev AA, Soldatkin VI. [Distance Learning: Essence, Technique, Organization.] Moscow: Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics Publ.; 1999. (In Russ.) Accessed June 23, 2022. <http://window.edu.ru/resource/850/23850>
3. Kuchma VR, Stepanova MI, Polenova MA, Grigoriev OA, Kaptsov VA, Kondakov AM. About the multicenter research program to ensure safe for children's health digital educational technology. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya.* 2019;(2):4–13. (In Russ.)
4. Kulikova TA, Poddubnaya NA. The tools of realization of the distant learning technologies. *Standarty i Monitoring v Obrazovanii.* 2019;7(1):32–35. (In Russ.) doi: 10.12737/article_5c540d3049a748.60754182
5. Musina VE, Popova YaV, Provotorov VE. Remote learning of schoolchildren in the educational organization: for and cons. In: *Science and Education in the Digital Economy: World Experience and National Priorities: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference, Penza, July 7, 2020.* Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ.; 2020:63–67. (In Russ.)
6. Glebova IA. [The problem of schoolchildren's readiness for distance learning.] In: *Integration of Methodological (Scientific and Methodical) Work and the System of Personnel Training: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference, Chelyabinsk, April 20, 2020.* Chelyabinsk: Chelyabinsk Institute for Retraining and Professional Development of Education Workers Publ.; 2020:329–333. (In Russ.)
7. Sadeghi M. A shift from classroom to distance learning: Advantages and limitations. *IJREE.* 2019;4(1):80–88. doi: 10.29252/ijree.4.1.80
8. Martin F, Sun T, Westine CD. A systematic review of research on online teaching and learning from 2009 to 2018. *Comput Educ.* 2020;159:104009. doi: 10.1016/j.compedu.2020.104009
9. Pham H-H, Ho T-T-H. Toward a ‘new normal’ with e-learning in Vietnamese higher education during the post COVID-19 pandemic. *High Educ Res Dev.* 2020;39(7):1327–1331. doi: 10.1080/07294360.2020.1823945
10. Popov VI, Milushkina OY, Markelova SV, et al. [Assessment of health risks to participants of the educational process during active introduction of distance learning.] In: Starodubov VI, Tutelyan VA, eds. [Urgent Problems of Students' Education and Health.] Moscow: Nauchnaya Kniga Publ.; 2020:60–80. (In Russ.)
11. Marchuk NA, Gilmanov NK. Features of distance learning of schoolchildren. *Molodoy Uchenyy.* 2020;(33(323)):123–126. (In Russ.) Accessed June 23, 2022. <https://moluch.ru/archive/323/73125/>
12. Sokolova NV, Goncharova DG. Hygienic aspects of the educational process in the context of distance learning. In: *Fundamentals of Innovative Development of Science and Education: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference, Penza,*

- December 25, 2020. Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ.; 2020:225-227. (In Russ.)
13. Palvia S, Aeron P, Gupta P, et al. Online education: Worldwide status, challenges, trends, and implications. *J Glob Inf Technol Manag.* 2018;21(4):233-241. doi: 10.1080/1097198X.2018.1542262
 14. Jebbour M. The unexpected transition to distance learning at Moroccan universities amid COVID-19: A qualitative study on faculty experience. *Soc Sci Humanit Open.* 2022;5(1):100253. doi: 10.1016/j.ssa-ho.2022.100253
 15. Fetisova EY, Milenin NS, Senik AI. The studying of influence of distance learning on school students health during COVID-19 pandemic. *Integrativnye Tendentsii v Meditsine i Obrazovanii.* 2020;2:109-115. (In Russ.)
 16. Milushkina OYu, Skoblina NA, Markelova SV, et al. The impact of electronic devices on the physical growth and development of the modern youth and recommendations on their safe use. *Vestnik Rossiyskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta.* 2019;4(4):87-94. (In Russ.) doi: 10.24075/brsmu.2019.046
 17. Özkara T, Bozyigit R. Social studies and geography teacher candidates' views on coronavirus (COVID 19) and online education process. *Rev Int Geogr Educ Online.* 2020;10(3):467-484. doi: 10.33403/rigeo.756757
 18. Iivari N, Sharma S, Ventä-Olkkonen L. Digital transformation of everyday life — How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? *Int J Inf Manage.* 2020;55:102183. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102183
 19. Kerres M. Against all odds: Education in Germany coping with COVID-19. *Postdigit Sci Educ.* 2020;2:690-694. doi: 10.1007/s42438-020-00130-7
 20. Shibkova DZ, Baiguzhin PA, Gerashev AD, Aizman RI. The impact of digital learning technologies on functional and psychophysiological responses of the organism: An analytical literature review. *Science for Education Today.* 2021;11(3):125-141. (In Russ.) doi: 10.15293/2658-6762.2103.07
 21. Kuchma VR, Polenova MA, Stepanova MI. Informatization of education: medical and social problems, technologies for hygienic safety students training. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(9):903-909. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-903-909
 22. Skidmore D. Security: A new framework for analysis. *Am Political Sci Rev.* 1999;93(4):1010-1011. doi: 10.2307/2586187
 23. Morgan H. Best practices for implementing remote learning during a pandemic. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas.* 2020;93(3):135-141. doi: 10.1080/00098655.2020.1751480
 24. Jan A. A phenomenological study of synchronous teaching during COVID-19: A case of an international school in Malaysia. *Soc Sci Humanit Open.* 2020;2(1):100084. doi: 10.1016/j.ssa-ho.2020.100084
 25. Sundus M. The impact of using gadgets on children. *J Depress Anxiety.* 2017;07(01). doi: 10.4172/2167-1044.1000296
 26. Kuchma VR, Sedova AS, Stepanova MI, et al. Life and wellbeing of children and adolescents studying remotely during the epidemic of a new coronavirus infection (COVID-19). *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya.* 2020;(2):4-23. (In Russ.)
 27. Bernacki ML, Vosicka L, Utz JC. Can a brief, digital skill training intervention help undergraduates "learn to learn" and improve their STEM achievement? *J Educ Psychol.* 2020;112(4):765-781. doi: 10.1037/edu0000405
 28. Oyedotun TD. Sudden change of pedagogy in education driven by COVID-19: Perspectives and evaluation from a developing country. *Res Glob.* 2020;2:100029. doi: 10.1016/j.resglo.2020.100029
 29. Bao W. COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University. *Hum Behav Emerg Technol.* 2020;2(2):113-115. doi: 10.1002/hbe2.191
 30. Burns R. A COVID-19 panacea in digital technologies? Challenges for democracy and higher education. *Dialogues Hum Geogr.* 2020;10(2):246-249. doi: 10.1177/2043820620930832



© Яманова Г.А., Антонова А.А., 2022

УДК 613.95:612.65

**Гигиеническая характеристика режима дня кадетов казачьего корпуса**

Г.А. Яманова, А.А. Антонова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Бакинская, д. 121, г. Астрахань, 414000, Российская Федерация**Резюме**

Введение. В современных условиях отмечается большое количество гигиенических факторов, участвующих в формировании здоровья детей и подростков. Обучение детей происходит в образовательных организациях различного типа, что в первую очередь отражается на образе жизни и характеристике режима дня. Особое место в структуре образовательных организаций, активно влияющих на здоровье детей, занимают кадетские корпуса. Круглосуточное пребывание на территории образовательного учреждения формирует условия, при которых факторы внутришкольной среды становятся основными в формировании здоровья ребенка.

Цель исследования: гигиеническая оценка режима дня кадетов казачьего корпуса Астраханской области.

Материалы и методы. Проведен анализ режима дня кадетов казачьего корпуса 5–11-го классов на основе утвержденного расписания дня казачьего кадетского корпуса Астраханской области за 2020–21 учебный год. Проанализированы: уровень учебной нагрузки с оценкой продолжительности уроков и перерывов между ними; уровень физической нагрузки; режим питания с учетом продолжительности времени, отведенного на прием пищи; продолжительность ночного сна, а также время на внеурочную деятельность и отдых.

Результаты. Режим дня кадетов характеризуется наличием и оптимальным чередованием всех компонентов. Интенсивность учебной нагрузки не учитывает возраст кадетов. При этом установлена недостаточность пребывания кадетов на свежем воздухе и продолжительности ночного сна. Положительным компонентом является уровень физической активности, значительно превышающий таковой школьников средних образовательных школ, и ограничение использования гаджетов.

Заключение. Дальнейшее изучение условий формирования учебно-воспитательного процесса кадетских корпусов позволит устранить выявленные недостатки в кадетской системе образования и создать оптимальные условия для рациональной организации режима дня детей и подростков.

Ключевые слова: режим дня, кадеты, дети и подростки, образовательная организация.

Для цитирования: Яманова Г.А., Антонова А.А. Гигиеническая характеристика режима дня кадетов казачьего корпуса // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 40–45. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-40-45>

Сведения об авторах:

✉ **Яманова** Галина Александровна – ассистент кафедры общей гигиены; e-mail: galina_262@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2362-8979>.

Антонова Алена Анатольевна – к.м.н., доцент, доцент кафедры общей гигиены; e-mail: fduen-2010@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2581-0408>.

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

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России № 2 от 24.12.2020.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

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

Статья получена: 05.05.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Hygienic Characteristics of the Daily Routine of Cadets of the Cossack Corps

Galina A. Yamanova, Alyona A. Antonova

Astrakhan State Medical University, 121 Bakinskaya Street, Astrakhan, 414000, Russian Federation

Summary

Introduction: Nowadays, many hygienic factors determine health and development of children and adolescents. The learning process takes place in educational organizations of various types, which primarily affect the lifestyle and characteristics of student's daily routine. Cadet corps occupy a special place in the structure of schools affecting children's health. Round-the-clock stay on their territory accounts for the fact that school environment determines the development and wellbeing of the boys.

Objective: Hygienic assessment of the daily routine of cadets of the Cossack Corps in the Astrakhan Region.

Materials and methods: We analyzed the daily routine of cadets in grades 5–11 (aged 11–17) based on the approved schedule of the Cossack Corps of the Astrakhan Region for the 2020–2021 school year. We analyzed the academic load including the duration of lessons and breaks, physical activities, eating schedule and meal duration, overnight sleep duration, and the time spent on extracurricular activities and leisure.

Results: The daily routine of the cadets was characterized by optimal alternation of all components. We established that the intensity of the academic load was noncompliant with the age of the cadets; besides, the time spent outdoors and night sleep duration were insufficient. Positive findings included intense physical activities exceeding those of other secondary school students and a limited gadget use.

Conclusion: Further studies of the educational process of cadet corps will help eliminate the identified shortcomings in the cadet education system and create conditions for health promotion in children and adolescents.

Keywords: daily routine, cadets, children, adolescents, school.

For citation: Yamanova GA, Antonova AA. Hygienic characteristics of the daily routine of cadets of the Cossack Corps. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):40–45. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-40-45>

Author information:

✉ Galina A. Yamanova, Assistant, Department of General Hygiene, Astrakhan State Medical University; e-mail: galina_262@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2362-8979>.

Alyona A. Antonova, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General Hygiene, Astrakhan State Medical University; e-mail: fduen-2010@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2581-0408>.

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

Compliance with ethical standards: The study was approved by the local Ethics Committee of the Astrakhan State Medical University, Minutes No. 2 of December 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: May 05, 2021 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Необходимым условием успешного формирования и развития ребенка является правильный организованный и физиологически обоснованный режим дня. Соблюдение элементов режима дня, который предусматривает адекватное чередование различных видов деятельности, способствует эмоциональной стабильности, создает бодрое настроение, повышает интерес к творческой деятельности [1, 2].

Гигиенически рациональный режим дня предусматривает достаточное количество времени на умственную активность, оптимальный двигательный режим, полноценный отдых, включающий в себя ночной сон [1–4].

Для детей школьного возраста важнейшим компонентом, определяющим образ жизни и режим дня, является образовательная организация, где ребенок нередко проводит большую часть своего дня [5–13]. В настоящее время одной из важных проблем является интенсификация учебного процесса, которая смещает режим дня в сторону увеличения времени на умственную нагрузку [14, 15]. Кроме того, все чаще выявляется снижение физической активности среди детей и подростков, особенно в условиях все большего внедрения в учебный процесс электронной образовательной среды. Многочисленные исследования подтверждают позитивное влияние пребывания на свежем воздухе и в то же время укорочение времени проведения школьников на улице [2, 3, 14, 19, 20]. Эти факторы обуславливают напряжение адаптационных механизмов растущего организма, их истощение и развитие переутомления [16–21].

В настоящее время деятельность образовательных организаций направлена на сохранение и укрепление здоровья учащихся. При этом необходима адекватная оценка образа жизни и режима дня школьников, обучающихся в образовательных организациях различного типа.

Одним из типов образовательных организаций, играющих большую роль в формировании здоровья ребенка, являются кадетские корпуса. Обусловлено это круглосуточным пребыванием кадетов на территории образовательного учреждения. В ходе исследований, проводимых в различных типах кадетских корпусов, было определено, что в структуре режима дня кадетов преобладают виды деятельности средней и тяжелой категорий, что определяет высокие и выше оптимального уровни двигательной активности. Кроме того, отмечается несбалансированность рациона питания, загруженность дня кадетов уроками, а также дефицит прогулок на свежем воздухе [22–25].

В настоящее время в нашей стране изучение условий обучения в условиях кадетских учреждений достаточно актуально в связи с политикой возрождения и повсеместного внедрения казачьих кадетских корпусов [25–27]. Данная проблема

освещалась в прошлом десятилетии в различных исследованиях А.Г. Кунделекова¹, Л.В. Кабанец², Ю.В. Лопатина³. Однако на современном этапе в условиях изменения образовательного пространства с учетом внедрения электронной образовательной среды, интенсификации информационной нагрузки, отсутствия единых нормативных документов для казачьих кадетских корпусов становится немаловажным изучение факторов внутришкольной среды, воздействующих на учеников.

Цель исследования: оценить режим дня и образ жизни учащихся казачьего кадетского корпуса Астраханской области.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе казачьего кадетского корпуса Астраханской области. Объектом исследования стал режим дня кадетов, обучающихся в корпусе с 5-го по 11-й класс.

Изучение режима дня проведено на основе утвержденного распорядка дня, которого придерживаются при организации учебной и воспитательной деятельности, за 2020–21 учебный год. Проанализированы: уровень учебной нагрузки с оценкой продолжительности уроков и перерывов между ними; уровень физической нагрузки, включая внеурочные занятия; режим питания с учетом продолжительности времени, отведенного на прием пищи; продолжительность ночного сна, а также время на внеурочную деятельность и отдых. Оценка полученных результатов проводилась на основе сопоставления их с нормативами, методическими рекомендациями⁴, санитарными правилами⁵.

Казачий кадетский корпус относится к образовательным организациям интернатного типа, где дети не только обучаются, но и проживают на территории учреждения. Обучение в корпусе проходят дети с пятого по одиннадцатый класс в возрасте от десяти до семнадцати лет. Образовательный процесс организован в одну смену при шестидневной рабочей неделе. Особенностью казачьего корпуса является строгая регламентация распорядка дня и контроль свободного времени учащихся, обязательное посещение спортивных секций, дежурства, а также включение в учебно-воспитательный процесс элементов военной подготовки.

Среди компонентов режима дня выделены: утренняя гимнастика и построение, учебные занятия, режим питания, время для самоподготовки и дополнительных занятий, личное время и ночной сон. Режим дня регламентирован утвержденным распорядком дня, который является единым для всех классов.

Результаты. Организация дня учащихся в кадетском корпусе предполагает в будние дни общий подъем в 6:30 утра и проведение утрен-

¹ Кунделеков А.Г. Гигиеническая оценка обучения и воспитания кадетов в школе-интернате «Кубанский казачий корпус»: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / А.Г. Кунделеков. Москва, 2005.

² Кабанец Л.В. Гигиеническая оценка условий обучения и состояния здоровья кадетов 6–11 классов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Л.В. Кабанец. Ростов-на-Дону, 2009.

³ Лопатин Ю.В. Опыт организации обучения и воспитания учащихся казачьих кадетских корпусов / Ю.В. Лопатин, В.А. Худик. Текст: электронный // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2012. № 4. С. 79–87.

⁴ МР 2.4.5.0107–15 «Организация питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах».

⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2.

ней гимнастики на протяжении 20 минут, что не соответствует санитарным правилам⁶, согласно которым подъем должен осуществляться не ранее 7:00 и продолжительность утренней гимнастики для детей старше семи лет должна составлять не более 15 минут.

Уровень учебной нагрузки. Одним из основных компонентов, определяющих распорядок дня кадетов, является учебная нагрузка. Уровень работоспособности и активности детей и подростков во многом определяется продолжительностью урока.

Проведение учебных занятий в кадетском корпусе осуществляется в первую половину дня — с 8:30 по 13:30 — с понедельника по пятницу (6 уроков) и с 8:30 по 12:40 в субботу (5 уроков). Длительность уроков составляет 40 минут, что соответствует гигиеническим требованиям⁶. Однако перемены между уроками недостаточно продолжительны и составляют пять минут, в том числе большая перемена 10 минут, в период которой предусматривается второй завтрак. Такая организация учебной деятельности не предусматривает достаточного отдыха между занятиями и не позволяет проводить время детям на свежем воздухе.

Анализ общей учебной нагрузки в течение дня и недели выявил некоторые нарушения гигиенических требований в режимности трудовой нагрузки. Продолжительность занятий в течение дня составляет 5 часов с понедельника по пятницу и 4 часа 10 минут в субботу для всех классов. Таким образом, общая учебная недельная нагрузка для учащихся пятого и шестого классов превышает гигиенические нормативы на 3 часа (табл. 1).

Учеба в кадетском корпусе предполагает возможность отъезда учащихся домой с 14:00 часов субботы и возвращение в корпус в 19:00 в воскресенье. Однако по решению воспитателей кадеты могут быть оставлены в корпусе без увольнения в воскресенье. Данный факт лишает ребенка возможности контакта с родителями, друзьями, ограничивает круг общения и оказывает на него отрицательное психологическое воздействие. При этом в воскресенье по плану воспитателей для оставшихся кадетов предусмотрены дополнительные занятия. Целью этих занятий является повышение успеваемости кадетов, однако это снижает количество времени на отдых и не дает возможности организму ребенка восстановиться перед новой неделей.

Уровень физической нагрузки. Особенностью режима физической активности кадетов является интенсификация занятий физической культурой за счет спортивных секций. Дополнительное образование предусматривает участие кадетов в спортивных кружках и секциях в течение полутора-двух часов ежедневно для всех возрастных групп (табл. 2). При этом общая физическая активность в кадетском корпусе с учетом уроков физкультуры составляет 9,5 часа в неделю, что значительно превышает уровень физической активности большинства школьников общеобразовательных учреждений.

Отдых и личное время. На личное время кадетам выделяется 30 минут после обеда, после которого предусмотрено время на внеурочную деятельность (факультативные занятия) продолжительностью 1,5 часа. Необходимо отметить, что перерыв между обязательными уроками

Таблица 1. Недельная учебная нагрузка в казачьем кадетском корпусе

Table 1. Weekly academic load in the Cossack cadet corps

Класс / Grade	Недельная нагрузка в кадетском корпусе (акад. час) / Weekly academic load in the Cossack cadet corps (hrs)	Допустимая недельная нагрузка (акад. час) / Permissible academic load (hrs)
5	35	32
6		33
7		35
8		36
9		36
10		37
11		37

Таблица 2. Занятия в спортивных секциях (час/неделю)

Table 2. Classes in sports sections (hours per week)

Направление / Types	Класс / Grade						
	5	6	7	8	9	10	11
Упражнения с клинковым оружием / Edged weapons training	1	—	—	2	2	1	1
Начальная военная подготовка / Basic military training	2	2	1	2	2	1	—
Стрелковая подготовка / Firearms training	1	1	—	—	1	1	—
Боевая показательная подготовка / Martial arts	1	3	6	5	3	3	3
Верховая езда / Horse riding	—	—	1	2	2	2	1
Хореография / Choreography	3	3	2	2	2	1	1
Волейбол / Volleyball	1	2	2	3	1	1	1
Футбол / Football	1	1	1	2	2	1	1
Служба (дежурство) / Duty	1	1	1	1	1	1	1

⁶ СП 2.4.3648—20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. № 28.

и внеурочной деятельностью соответствует гигиеническим нормам и составляет не менее 45 минут. На выполнение домашних заданий в кадетском корпусе отводится 1 час 35 минут, что соответствует возрастным нормам.

Кроме того, одним из принципиальных отличий кадетского режима дня и школьников среднеобразовательных школ является ограничение использования электронных устройств. На просмотр телепередач отводится 25 минут ежедневно, использование телефона допускается 2 раза в неделю на 15 минут.

Несмотря на ограничение по времени использования гаджетов в течение дня, проблема недостаточного времяпрепровождения детей на открытом воздухе остается характерной и для казачьего корпуса. На вечернюю прогулку выделено 15 минут с 21:15 по 21:30, что является недостаточным для детского организма, особенно в осенне-зимний период, когда не осуществляется проведение уроков физкультуры на спортивной площадке.

На ночной сон в кадетском корпусе отводится 8 часов 30 минут, что соответствует гигиеническим требованиям для учеников 10–11-х классов и недостаточно для детей 5–9-х классов.

Режим питания. Согласно методическим рекомендациям⁷ при круглосуточном пребывании обучающихся на территории образовательного учреждения должно быть организовано пятиразовое питание. При этом интервалы между приемами пищи не должны превышать четырех часов, на прием пищи должно отводиться не менее 20 минут.

В кадетском корпусе для учащихся всех возрастных групп предусмотрено пятиразовое питание. Завтрак организован в 7:40, обед в 13:40, ужин в 18:00. На каждый из приемов пищи отводится 20 мин. На второй завтрак — между третьим и четвертым уроком — 10 минут, на второй ужин — в 21:00 — 10 минут. Кратность приемов пищи и интервалы между ними в кадетском корпусе соответствует методическим рекомендациям, однако время, выделяемое на второй завтрак и второй ужин, не соответствует гигиеническим нормативам⁷.

Таким образом, режим дня кадетов казачьего кадетского корпуса по большинству критериев соответствует гигиеническим и возрастным нормативам, однако выявляются значительные отклонения по некоторым критериям в организации режима «труд — отдых», что может привести к перенапряжению функциональных резервов и срыву адаптационных механизмов.

Обсуждение. Несмотря на возможность образовательных организаций интернатного типа непосредственно участвовать в организации режима дня и формировании основ здорового образа жизни ребенка, нередко расписание дня таких организаций не соответствует физиологическим и возрастным нормам [3, 16–19].

В казачьем кадетском корпусе выявлено соответствие расписания дня и чередования основных его компонентов возрастным и физиологическим нормам. Однако наше исследование выявило ряд недостатков в продолжительности некоторых его компонентов.

Уровень физической нагрузки отличается достаточной интенсивностью за счет организации дополнительных занятий. Разнообразие спортивных кружков и секций способствует разностороннему формированию двигательных навыков и умений, а также повышению интереса к спорту. Режимность и обязательность посещения спортивных секций формирует привычку среди кадетов вести активный образ жизни.

Регулярное питание, кратность которого соответствует возрастным нормам, создает оптимальные условия для формирования органов пищеварения, а также формирует привычки правильного и регулярного питания в будущем.

Значительным недостатком кадетского корпуса является недостаточность пребывания на открытом воздухе, что характерно также и для других кадетских учреждений [26]. Природные факторы оказывают исключительно положительное влияние на состояние здоровья и благополучие детей школьного возраста и необходимы в процессе роста и развития [20]. Увеличить времяпрепровождение кадетов на открытом воздухе возможно за счет увеличения перерывов между занятиями, времени на вечернюю прогулку и личное время.

Интенсивность образовательного процесса также отражается на рациональности режима «труд — отдых». Физиологически необоснованным является ограничение ночного отдыха среди детей, а также увеличение продолжительности учебной нагрузки в течение недели. Длительные занятия способствуют развитию утомления и переутомления, но при этом адекватные и своевременные перерывы обеспечивают восстановление затраченных сил. При этом особенно эффективна смена вида деятельности [1].

Однако необходимо отметить пользу соблюдения режима дня и в выходные дни. Закрепление физиологических механизмов пробуждения, пищеварения, физической активности способствуют накоплению функциональных резервов и формированию адаптационных механизмов, способствуя повышению устойчивости организма ребенка к изменяющимся факторам внешней среды.

Выводы.

1. Режим дня кадетов характеризуется наличием и оптимальным чередованием всех компонентов, необходимых для адекватного роста и развития детей: интеллектуальная и физическая нагрузка, режимность питания, продолжительный ночной сон, прогулки на свежем воздухе, время для свободного времяпрепровождения.

2. Режим питания (кратность и интервалы между приемами пищи в течение дня), организованный в кадетском корпусе, соответствует возрасту, однако продолжительность второго завтрака и ужина недостаточна для адекватного приема пищи.

3. Режим учебной нагрузки не учитывает возраст кадетов. Так, учебная нагрузка с 7-го по 10-й класс соответствует гигиеническим нормативам, в отличие от 5-го и 6-го классов, где недельная нагрузка превышена на 3 часа. Однако продолжительность уроков не превышает рекомендованных значений, что способствует снижению напряженности интеллектуальной нагрузки.

⁷ МР 2.4.0179–20 «Рекомендации по организации питания обучающихся общеобразовательных организаций» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 18 мая 2020 г.).

4. Физическая нагрузка кадетов выше по сравнению с обычными школьниками за счет внеурочных занятий, а также за счет более продолжительной утренней гимнастики, что позитивно сказывается на физическом развитии учащихся и формировании двигательных навыков и умений.

5. Отдых кадетов дефицитен по времени пребывания на свежем воздухе, что является наиболее существенным недостатком данного учебного учреждения, а также ранний подъем, непродолжительные перемены, длительный период, отведенный на выполнение домашних занятий, не обеспечивают должного отдыха в течение недели, что приводит к переутомлению к концу недели.

6. Сокращение времени использования электронных гаджетов является преимуществом в кадетских корпусах перед среднеобразовательными школами.

Список литературы

1. Грицина О.П., Транковская Л.В. Лисецкая Е.А., Тарасенко Г.А. Особенности режима и качества сна современных школьников // *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2019. № 2 (78). С. 13–16. doi: 10.5281/zenodo.3262052
2. Скоблина Н.А., Бокарева Н.А., Татаринчик А.А., Булацева М.Б. Особенности режима дня и образа жизни современных старших школьников // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2018. № 2. С. 44–51.
3. Девришов Р.Д., Коломин В.В., Филатов В.Н., Кудряшева И.А. Гигиенические аспекты воздействия факторов среды обитания на формирование здоровья учащихся // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2019. № 27 (4). С. 530–535.
4. Кучма В.Р. Риск здоровью обучающихся в современной российской школе // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2018. № 4. С. 11–19.
5. Иванова И.Е., Родионов В.А. Повышение эффективности практической реализации проекта «Школьная медицина» в современных условиях // *Практическая медицина*. 2019. № 17 (5). С. 107–109.
6. Huang KY, Cheng S, Theise R. School contexts as social determinants of child health: current practices and implications for future public health practice. *Public Health Rep*. 2013;128(Suppl 3):21–28. doi: 10.1177/00333549131286S304
7. Сухарева Л.М., Кучма В.Р. Степанова М.И., Александрова И.Э., Шумкова Т.В. Новые подходы к гигиенической оценке условий и режимов обучения в общеобразовательных учреждениях // *Здоровье населения и среда обитания*. 2013. № 8 (245). С. 4–5.
8. Garcia Bacete FJ, Marande Perrin G, Schneider BH, Blanchard C. Effects of school on the well-being of children and adolescents. In: Ben-Arieh A, Casas F, Frønes I, Korbin JE, eds. *Handbook of Child Well-Being*. Springer, Dordrecht; 2014:1251–1305. doi: 10.1007/978-90-481-9063-8_149
9. Behzadkolaee SM, Mirmohammadi ST, Yazdani J, et al. Health, safety and environment conditions in primary schools of Northern Iran. *J Nat Sci Biol Med*. 2015;6(1):76–79. doi:10.4103/0976-9668.149094
10. Davis R, Weisz S. Connecting health and education so children can learn and thrive. *Stanf Soc Innov Rev*. 2019;17(3):A6–A8. doi: 10.48558/ST81-8E90
11. Lowry C, Stegeman I, Rauch F, Jani A. Modifying the school determinants of children's health. *J R Soc Med*. 2022;115(1):16–21. doi: 10.1177/01410768211051718
12. Li J, Mattes E, Stanley F, McMurray A, Hertzman C. Social determinants of child health and well-being. *Health Sociol Rev*. 2009;18(1):3–11. doi: 10.5172/hesr.18.1.3
13. Foster CE, Horwitz A, Thomas A, et al. Connectedness to family, school, peers, and community in socially vulnerable adolescents. *Children Youth Serv Rev*. 2017;81:321–331. doi: 10.1016/j.childyouth.2017.08.011
14. Яманова Г.А., Сердюков В.Г., Антонова А.А. Милоченкова Л.А., Ширинова З.Р. Эффективность мониторинга и оздоровления детского населения в образовательной среде // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2021. № 1 (77). С. 173–177. doi:10.19163/1994-9480-2021-1(77)-173-177
15. Айзман Р.И. Здоровье участников образовательного процесса как критерий эффективности здоровьесберегающей деятельности в системе образования // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2015. № 5 (26). С. 72–82.
16. Камилова Р.Т., Мавлянова З.Ф., Абдусаматова Б.Э. Сравнительная санитарно-гигиеническая оценка условий обучения в разных типах образовательных учреждений // *Медицина и экология*. 2016. № 4 (81). С. 71–75.
17. Макарова В.И., Павлова А.Н. Макарова А.И. Факторы риска, влияющие на здоровье подростков России и США: обзор литературы // *Экология человека*. 2020. № 7. С. 40–46.
18. Resaland G, Aadland E, Moe VF, Kolotkin RL, Anderssen SA, Andersen JR. Effects of a physical activity intervention on schoolchildren's health-related quality of life: The active smarter kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Prev Med Rep*. 2018;13:1–4. doi: 10.1016/j.pmedr.2018.11.002
19. Лобанова Э.Н. Формирование культуры здорового образа жизни // *Вестник науки и образования*. 2021. № 5 (108). С. 49–54
20. Bates CR, Bohnert AM, Gerstein DE. Green schoolyards in low-income urban neighborhoods: Natural spaces for positive youth development outcomes. *Front Psychol*. 2018;9:805. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00805
21. Ishihara T, Nakajima T, Yamatsu K, Okita K, Saggawa M, Morita N. Relationship of participation in specific sports to academic performance in adolescents: A 2-year longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30(8):1471–1482. doi: 10.1111/sms.13703
22. Иванова Е.И. Планирование воспитательной работы в казачьих кадетских классах общеобразовательной школы // *Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика*. 2012. № 3. С. 164–167.
23. Боброва Г.В. Значимость занятий спортом в военном самоопределении кадет // *Ученые записки университета Лесгафта*. 2017. № 6 (148). С. 29–36.
24. Романенко С.П. Оценка питания и двигательной активности детей в образовательных организациях кадетского типа // *Гигиена и санитария*. 2020. № 1 (99). С. 63–68. doi:10.33029/0016-9900-2020-99-1-63-68
25. Терехова А. А. Анализ состояния организации питания курсантов кадетского корпуса // *Парадигма*. 2019. № 3. С. 84–91.
26. Терехова Е.А. Физиолого-гигиеническая характеристика условий обучения и воспитания и их влияние на состояние здоровья обучающихся президентского кадетского училища [Текст]: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Терехова Елена Алексеевна; «Оренбургский государственный медицинский университет. Пермь, 2017. 24 с.
27. Рвачева О.В. Движение за возрождение казачества на юге России в начале 1990-х гг.: организационные формы, идеи и участники процесса // *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения*. 2016. Т. 21. № 4. С. 124–134. doi: 10.15688/jvolsu4.2016.4.13

References

1. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Lisetskaya EA, Tarasenko GA. Features of the mode and quality of sleep of modern children. *Zdorov'e. Meditsinskaya Ekologiya. Nauka*. 2019;(2(78)):14–17. (In Russ.) doi: 10.5281/zenodo.3262052
2. Skoblina NA, Bokareva NA, Tatarinchik AA, Bulcaeva MB. The special aspects of lifestyle and day

- regimen of modern senior schoolchildren. *Sovremennyye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2018;(2):44-51. (In Russ.)
3. Devrishov RD, Kolomin VV, Filyaev VN, Kudryasheva IA. Hygienic aspects of influence of environmental factors on formation of schoolchildren's health. *Rossiyskiy Mediko-Biologicheskiy Vestnik Imeni Akademika I.P. Pavlova*. 2019;27(4):530-535. (In Russ.) doi: 10.23888/PAVLOVJ2019274530-535
 4. Kuchma VR. Risk to the health of students in Russian school. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2018;(4):11-19. (In Russ.)
 5. Ivanova IE, Rodionov VA. Increasing the efficiency of practical implementation of "School Medicine" project under modern conditions. *Prakticheskaya Meditsina*. 2019;17(5):107-109. (In Russ.)
 6. Huang KY, Cheng S, Theise R. School contexts as social determinants of child health: current practices and implications for future public health practice. *Public Health Rep*. 2013;128(Suppl 3):21-28. doi: 10.1177/00333549131286S304
 7. Suhareva LM, Kuchma VR, Stepanova MI, Alexandrova IE, Shumkova TV. New approaches to the assessment of the sanitary conditions and modes of learning in educational institutions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2013;(8(245)):4-5. (In Russ.)
 8. García Bacete FJ, Marande Perrin G, Schneider BH, Blanchard C. Effects of school on the well-being of children and adolescents. In: Ben-Arieh A, Casas F, Frønes I, Korbin JE, eds. *Handbook of Child Well-Being*. Springer, Dordrecht; 2014:1251-1305. doi: 10.1007/978-90-481-9063-8_149
 9. Behzadkolaee SM, Mirmohammadi ST, Yazdani J, et al. Health, safety and environment conditions in primary schools of Northern Iran. *J Nat Sci Biol Med*. 2015;6(1):76-79. doi:10.4103/0976-9668.149094
 10. Davis R, Weisz S. Connecting health and education so children can learn and thrive. *Stanf Soc Innov Rev*. 2019;17(3):A6-A8. doi: 10.48558/ST81-8E90
 11. Lowry C, Stegeman I, Rauch F, Jani A. Modifying the school determinants of children's health. *J R Soc Med*. 2022;115(1):16-21. doi: 10.1177/01410768211051718
 12. Li J, Mattes E, Stanley F, McMurray A, Hertzman C. Social determinants of child health and well-being. *Health Sociol Rev*. 2009;18(1):3-11. doi: 10.5172/hesr.18.1.3
 13. Foster CE, Horwitz A, Thomas A, et al. Connectedness to family, school, peers, and community in socially vulnerable adolescents. *Children Youth Serv Rev*. 2017;81:321-331. doi: 10.1016/j.childev.2017.08.011
 14. Yamanova GA, Serdyukov VG, Antonova AA, Milyuchenkova LA, Shirinova ZR. Efficiency of monitoring and health of child population in the educational environment. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2021;(1(77)):173-177. (In Russ.) doi: 10.19163/1994-9480-2021-1(77)-173-177
 15. Aizman RI. Health and safety of participants of educational process is a criterion of health-saving activity efficacy at the educational system. *Otechestvennaya i Zarubezhnaya Pedagogika*. 2015;(5(26)):72-82. (In Russ.)
 16. Kamilova RT, Mavlyanova ZF, Abdusamatova BE. Comparative sanitary and hygienic assessment of the environment of schooling in different types of educational institutions. *Meditsina i Ekologiya*. 2016;(4):71-75. (In Russ.)
 17. Makarova VI, Pavlova AN, Makarova AI. Risk factors affecting the health of adolescents of Russia and the USA: A literature review. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2020;(7):40-46. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2020-7-40-46
 18. Resaland G, Aadland E, Moe VF, Kolotkin RL, Anderssen SA, Andersen JR. Effects of a physical activity intervention on schoolchildren's health-related quality of life: The active smarter kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Prev Med Rep*. 2018;13:1-4. doi: 10.1016/j.pmedr.2018.11.002
 19. Lobanova EN. Formation of a culture of a healthy lifestyle. *Vestnik Nauki i Obrazovaniya*. 2021;(5(108) Pt 1):49-54. (In Russ.)
 20. Bates CR, Bohnert AM, Gerstein DE. Green schoolyards in low-income urban neighborhoods: Natural spaces for positive youth development outcomes. *Front Psychol*. 2018;9:805. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00805
 21. Ishihara T, Nakajima T, Yamatsu K, Okita K, Saggawa M, Morita N. Relationship of participation in specific sports to academic performance in adolescents: A 2-year longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30(8):1471-1482. doi: 10.1111/sms.13703
 22. Ivanova YI. The planning of the upbringing work in Cossack - cadets classes of the secondary comprehensive school. *Vestnik Kostromskogo Gosudarstvennogo Universiteta im. N.A. Nekrasova. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika*. 2012;18(3):164-167. (In Russ.)
 23. Bobrova GV. Importance of doing sports for military cadets self-determination. *Uchenye Zapiski Universiteta im. P.F. Lesgafta*. 2017;(6(148)):29-36. (In Russ.)
 24. Romanenko SP. Evaluation of nutrition and physical activity of children in educational organizations of the cadet type. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(1):63-68. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-63-68
 25. Terekhova AA. [The analysis of catering for cadets of the cadet corps.] *Paradigma*. 2019;(3):84-91. (In Russ.)
 26. Terekhova EA. *Physiological and hygienic characteristics of the conditions of training and education and their impact on the health of students of the presidential cadet school*. Cand. Sci. (Med.) thesis. Orenburg State Medical University; 2017. (In Russ.) Accessed June 21, 2022. <https://www.dissercat.com/content/fiziologo-gigienicheskaya-kharakteristika-uslovii-obucheniya-i-vospitaniya-i-ikh-vliyanie-na>
 27. Rvacheva OV. The Cossack restoration movement in the south of Russia in the early 1990s: organization, ideas and participants. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 4: Istoriya. Regionovedenie. Mezhdunarodnye Otnosheniya*. 2016;21(4):124-134. (In Russ.) doi: 10.15688/jvolsu4.2016.4.13





Оценка профессионального риска потери слуха у плавсостава ПАО «Новошип»

О.В. Киёк, В.Н. Ёлкина, Э.Ю. Енина

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»,
ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Российская Федерация

Резюме

Введение. Заболевания от воздействия физических факторов (шум и вибрация) продолжают занимать лидирующее место в структуре профессиональных заболеваний, удельный вес увеличился с 36,6 % в 2004 г. до 51,15 % в 2019 году. **Цель исследования:** оценить риск потери слуха у плавсостава ПАО «Новошип», работающего во вредных условиях труда по фактору «производственный шум».

Материалы и методы. В группу наблюдения вошли мужчины со стажем работы 10, 20 и 30 лет. В соответствии с общепринятыми методиками определили априорный профессиональный риск у работников, осуществляющих трудовую деятельность в условиях воздействия шума за период 2014–2016 гг.

Результаты. На рабочих местах механиков, электромехаников, мотористов ПАО «Новошип» отмечается превышение эквивалентного уровня шума на 13–16 дБА (93–96 дБА при ПДУ 80 дБА). В соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03 на рабочих местах механиков и старшего моториста (токаря) установлен средний (существенный) риск категории 2, на рабочем месте моториста 1-го класса высокий (непереносимый) риск категории 2 по уровню шума. В соответствии с методикой ГОСТ Р ИСО 1999–2017 вероятность потери слуха на 26 дБ (I степень нейросенсорной тугоухости) у моряков изучаемых профессий в возрасте 40, 50 и 60 лет со стажем работы 10 лет составляет 13,1, 29,7, 50,4 % соответственно, вероятность потери слуха на 41 дБ (II степень нейросенсорной тугоухости) составляет 0,0 % для возраста 40 и 50 лет и 17,0 % для возраста 60 лет; вероятность потери слуха на 26 дБ в возрасте 50 лет со стажем 20 и 30 лет составляет 36,7 и 52,2 %, в возрасте 60 лет – 58,2 и 72,2 %; вероятность потери слуха на 41 дБ для этих возрастных групп соответственно составляет для стажа 20 лет 0,0 и 23,2 %, для стажа 30 лет – 27,4 и 44,7 %.

Выводы. Для планирования мероприятий по профилактике профессиональных заболеваний, обусловленных влиянием повышенного уровня звука, необходимо на законодательном уровне закрепить проведение в рамках ежегодных медицинских осмотров оценки профессионального риска потерь слуха с учетом результатов аудиометрии работников при уровнях шума выше 80 дБА.

Ключевые слова: производственный шум, плавсостав, профессиональный риск, нейросенсорная тугоухость.

Для цитирования: Киёк О.В., Ёлкина В.Н., Енина Э.Ю. Оценка профессионального риска потери слуха у плавсостава ПАО «Новошип» // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 46–51. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-46-51>

Сведения об авторах:

✉ Киёк Ольга Васильевна – к.м.н., доцент, заведующая кафедрой профильных гигиенических дисциплин и эпидемиологии; e-mail: olga.kiek@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0900-6313>.

Ёлкина Виктория Николаевна – аспирант кафедры профильных гигиенических дисциплин и эпидемиологии; e-mail: yolkina.victoria@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9313-4141>.

Енина Элла Юрьевна – ассистент кафедры профильных гигиенических дисциплин и эпидемиологии; e-mail: ella14081993@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4466-7427>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Киёк О.В., Ёлкина В.Н.; сбор данных: Ёлкина В.Н.; анализ и интерпретация результатов: Киёк О.В., Ёлкина В.Н., Енина Э.Ю.; литературный обзор: Киёк О.В., Ёлкина В.Н., Енина Э.Ю.; подготовка рукописи: Киёк О.В., Ёлкина В.Н., Енина Э.Ю. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 73 от 25.01.2019). От всех участников было получено добровольное 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: 11.02.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Risk Assessment of Occupational Noise-Induced Hearing Loss among Maritime Personnel of Novoship PJSC

Olga V. Kiyok, Victoria N. Yolkina, Ella Yu. Enina

Kuban State Medical University, 4 Mitrofan Sedin Street, Krasnodar, 350063, Russian Federation

Summary

Background: Diseases induced by such physical factors as noise and vibration rank high in the structure of occupational disorders; their proportion increased from 36.6 % in 2004 to 51.15 % in the year 2019.

Objective: To assess risks of hearing loss among the seafaring personnel of Novoship PJSC exposed to occupational noise.

Materials and methods: The observation group included men with 10, 20 and 30 years of work experience. In accordance with generally accepted methods, an a priori occupational risk was determined for workers exposed to noise at workplaces in the years 2014–2016.

Results: We established that the limit of the equivalent sound level of 80 dBA was exceeded by 13–16 dBA at the workplaces of mechanics, electricians, and motor mechanics of the shipping company. In accordance with R 2.2.1766–03, *Guidelines on occupational risk assessment for workers' health: Organizational and methodological aspects, principles and criteria*, the health risk posed by noise exposure was moderate (significant), category 2, for mechanics and senior stokers (turners) and high (intolerable), category 2, for first-class stokers. In accordance with the Russian National Standard GOST R ISO 1999–2017, *Acoustics. Estimation of noise-induced hearing loss, methodology*, the probability of mild hearing loss by 26 dB (first degree of sensorineural hearing loss) in seafarers of the studied occupations at the age of 40, 50 and 60 years with a 10-year work experience years was 13.1 %, 29.7 %, and 50.4 %, respectively; the probability of moderate hearing loss by 41 dB (second degree of sensorineural hearing loss) was 0 % for the age of 40 and 50 years and 17.0 % for the age of 60 years; the probability of mild hearing loss by 26 dB at the age of 50 with a work experience of 20 and 30 years was 36.7 % and 52.2 %, at the age of 60 – 58.2 % and 72.2 %; the probability of moderate hearing loss by 41 dB for these age groups was 0 % and 23.2 % for the seafarers with 20 years of experience, 27.4 % and 44.7 % for the seafarers with 30 years of experience, respectively.

Conclusion: Effective planning of measures for noise-induced occupational disease prevention requires a legislative decision on compulsory assessment of occupational risks of noise-induced hearing loss based on the results of audiometry of workers exposed to sound levels above 80 dBA within annual health checkups.

Keywords: occupational noise exposure, maritime personnel, occupational risk, sensorineural hearing loss.

For citation: Kiyok OV, Yolkina VN, Enina EYu. Risk assessment of occupational noise-induced hearing loss among maritime personnel of Novoship PJSC. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):46–51. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-46-51>

Author information:

✉ Olga V. Kiyok, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Specialized Hygienic Disciplines and Epidemiology; e-mail: olga.kiek@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0900-6313>.

Victoria N. Yolkina, Postgraduate, Department of Specialized Hygienic Disciplines and Epidemiology; e-mail: yolkina.victoria@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9313-4141>.

Ella Yu. Enina, Assistance lecturer, Department of Specialized Hygienic Disciplines and Epidemiology; e-mail: ella14081993@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4466-7427>.

Author contributions: study conception and design: Kiyok O.V., Yolkina V.N.; data collection: Yolkina V.N.; analysis and interpretation of results, literature review, and draft manuscript preparation: Kiyok O.V., Yolkina V.N., Enina E.Yu. 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 the Kuban State Medical University, Minutes No. 73 of January 25, 2019. 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: February 11, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. В настоящее время происходит смена господствовавшей в XX веке в гигиене труда России и в других странах мира «концепции абсолютной безопасности», требующей снижения уровня воздействия вредных производственных факторов до допустимых на «концепцию приемлемого риска». Суть нового подхода заключается в обеспечении риска, приемлемого в определенный период времени¹ [1].

Необходимо отметить, что переход к системе управления профессиональными рисками закреплен на законодательном уровне [2–4].

Порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений и предусматривает информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты² [5, 6].

По данным ВОЗ, значительная часть хронических заболеваний трудоспособного населения связана с рисками профессиональной деятельности, такими как травма, шум, загрязнение воздуха рабочей зоны, канцерогенные вещества, эргономика. При этом в структуре профессиональных заболеваний преобладают заболевания потери слуха [7–9].

Заболевания от воздействия физических факторов (шум и вибрация) продолжают занимать лидирующее место в структуре профессиональных заболеваний, удельный вес увеличился с 36,6 % в 2004 г. до 51,15 % в 2019 г. [9–11].

На протяжении последнего десятилетия среди работников транспортной сферы Российской Федерации отмечается тенденция к росту профессиональной заболеваемости, и в настоящее время профессиональные заболевания среди лиц, занятых в данной экономической отрасли, занимают третье место [11].

В государственных докладах о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения РФ не указываются сведения о профессиональной заболеваемости работников транспорта в разрезе видов транспорта. Однако в доступной литературе имеются сведения о профессиональной заболеваемости представителей железнодорожного транспорта, летного состава и моряков. Так, отмечена тенденция увеличения тугоухости среди представителей авиатранспорта (летный состав) и железнодорожного [12]. Кроме того, у моряков Северного флота зарегистрировано тональное снижение слуха у 12–13 % обследуемых, и у 6 пациентов за 3 года установлен диагноз профессионального заболевания. Единичные случаи профессиональной нейросенсорной тугоухости у моряков также регистрируются в Приморском крае [13, 14].

Таким образом, заболевания, вызванные превышением уровня звука, на сегодняшний день остаются одной из основных проблем как в нашей стране, так и за рубежом [15–21].

Учитывая, что из всех нозологий доля потери слуха от шума составляет 27,6 %, мероприятиям, направленным на раннюю диагностику и профилактику заболеваний органов слуха, должно уделяться пристальное внимание [12, 22–24].

Цель исследования: оценить риск потери слуха у плавсостава ПАО «Новошип», работающего во вредных условиях труда по фактору «производственный шум».

Материалы и методы. Исследование проведено на предприятии ПАО «Новошип». В группу наблюдения вошли мужчины со стажем работы до 10 лет (14 человек в возрасте 20–35 лет), до 20 лет (26 человек в возрасте 41–53 лет) и до 30 лет (9 человек в возрасте 51–55 лет).

Изучены протоколы измерения уровня шума по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) и производственного лабораторного контроля за период 2014–2016 гг. на рабочих местах старшего механика (судового), второго механика (судового), третьего механика (судового), электромеханика (судового), дублера электромеханика (судового), старшего моториста (токаря), моториста

¹ Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 24.06.2003 (далее – Р 2.2.1766–03 от 24.06.2003).

² «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ. Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/. Ссылка активна на 29 октября 2021.

1-го класса ПАО «Новошип» (30 протоколов). Проанализированы карты предварительных и периодических медицинских осмотров плавсостава (52 человека в возрасте от 26 до 52 лет), обследованного за период 2014–2018 гг. Для своевременной диагностики потери слуха при проведении предварительных и периодических медосмотров проводилась аудиометрия³.

Расчет порогов слышимости и вероятности потери и нарушения слуха вследствие воздействия шума проводился по ГОСТ Р ИСО 1999–2017⁴ для стажа работы 10, 20 и 30 лет. Данный стандарт позволяет прогнозировать вероятность возникновения профессиональной тугоухости и оценивать эффективность мер профилактики. На основе математической модели документа были рассчитаны риски развития профессиональной тугоухости в процентах⁴. Исключить возрастной пресбиакузис (возрастная потеря слуха ARHL – прогрессирующая, необратимая симметричная нейросенсорная тугоухость, возникающая в результате кохлеарной дегенерации и потери нервных волокон с возрастом) позволяет методика ГОСТ Р ИСО 1999–2017, с помощью которой нами последовательно были рассчитаны:

- порог слышимости, связанный с возрастом, для группы людей, не подвергавшейся воздействию шума (т. е. учитывая пресбиакузис), на определенной выборке людей, данные которой представлены непосредственно в самом ГОСТе (Н);
- порог слышимости, связанный с возрастом, для группы людей, подвергавшейся воздействию шума (Н1);
- вероятность потери слуха вследствие воздействия шума, для определения которого производили соотношение указанных двух показателей на произвольно выбранном граничном пороге слышимости 26 дБ, соответствующем I степени тугоухости, согласно классификации потери слуха, вызванной шумом, по степени выраженности, представленной в Федеральных клинических рекомендациях «Потеря слуха, вызванная шумом»⁵ (2018 г.).

Кроме того, нами оценен профессиональный риск в соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03.

Исследование проводилось с соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации, дополненной в 2008 году. Протокол исследования согласован с независимым Этическим комитетом федерального государственного бюджетного образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия), протокол № 73 от 25.01.2019.

Результаты исследования обрабатывались методом вариационной статистики с применением программы Statistica 10.

Результаты. Анализ результатов протоколов измерения уровня шума, проведенных в рамках СОУТ и производственного контроля за период 2014–2016 гг. показал, что на рабочих местах старшего механика (судового), второго механика (судового), третьего механика (судового), электро-механика (судового), дублера электромеханика (судового), старшего моториста (токаря), моториста 1-го класса ПАО «Новошип» отмечается превышение эквивалентного уровня шума на 13–16 дБА (93–96 дБА при ПДУ 80 дБА). Таким образом, по фактору «шум» условия труда на рабочих местах механиков (эквивалентный уровень звука 94 дБА) и старшего моториста (токаря) (эквивалентный уровень звука 93 дБА) соответствовали вредному классу второй степени, на рабочем месте моториста 1-го класса (эквивалентный уровень звука 96 дБА) – вредному классу третьей степени.

В соответствии с методикой ГОСТ Р ИСО 1999–2017 и Руководством Р 2.2.1766–03 определили априорный профессиональный риск развития нейросенсорной тугоухости I и II степеней (потеря слуха на 26 и 41 дБ соответственно) у работников в возрасте 40, 50, 60 лет, осуществляющих трудовую деятельность в условиях воздействия шума для стажа работы 10, 20 и 30 лет (табл. 1).

Установлено, что вероятность потери слуха на 26 дБ у моряков в возрасте 40, 50 и 60 лет со стажем работы 10 лет составляет 13,1, 29,7, 50,4 %, соответственно, а вероятность потери слуха на 41 дБ для возраста 40 и 50 лет отсутствует, для возраста 60 лет составляет 17 %.

Вероятность возникновения I степени нейросенсорной тугоухости у работника со стажем 20 лет в возрасте 40, 50 и 60 лет составляет соответственно 20,5, 36,7, и 58,2 %, в то время как вероятность возникновения II степени нейросенсорной тугоухости для возрастных групп 40 и 50 лет отсутствует, а для 60-летних моряков составила 23,2 %.

Также отмечается тенденция к существенному увеличению вероятности потери слуха при стаже 30 лет в возрасте 50 и 60 лет.

Прогноз вероятности потери слуха плавсостава позволил определить приемлемость/неприемлемость риска (табл. 2).

При расчете приемлемости риска нами был принят уровень в 5 %, при котором никаких действий в дальнейшем по управлению не требуется. При расчете вероятности потери слуха у моряков при стаже работы 10, 20, 30 лет установлен неприемлемый уровень риска для всех расчетных возрастных категорий в 40, 50, 60 лет. Минимальный риск выявлен для стажа 10 лет в возрасте 40 лет и составил 13,1 %, максимальный уровень риска установлен при стаже 30 лет в возрасте 60 лет (72,5 %). Расчет потери слуха для комбинации 40 лет и стажа 30 лет не проводился в связи с запретом работы подростков на морских судах⁶.

³ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 28 января 2021 г. № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» (с изменениями и дополнениями). Доступно по: <https://base.garant.ru/400258713/#friends>. Ссылка активна на 15 марта 2022 г.

⁴ ГОСТ Р ИСО 1999–2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума» (далее – ГОСТ Р ИСО 1999–2017).

⁵ Ассоциация врачей и специалистов медицины труда. Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов. Федеральные клинические рекомендации. Потеря слуха, вызванная шумом (второй пересмотр). М., 2018.

⁶ Макаров П.В. Профессиональные риски [Текст]: учеб. пособие / П.В. Макаров: Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. 144 с.: ил. ISBN 978-5-528-00316-0.

Таблица 1. Прогноз вероятности потери слуха у моряков для стажа работы 10, 20 и 30 лет (%)
Table 1. Predicted probability of hearing loss in sailors with 10, 20, and 30 years of work experience (%)

Возраст / Age	Стаж 10 / Work experience 10		Стаж 20 / Work experience 20		Стаж 30 / Work experience 30	
	На 26 дБ / By 26 dB	На 41 дБ / By 41 dB	На 26 дБ / By 26 dB	На 41 дБ / By 41 dB	На 26 дБ / By 26 dB	На 41 дБ / By 41 dB
40	13,1	0	20,5	0	–	–
50	29,7	0	36,7	0	52,2	27,4
60	50,4	17	58,2	23,2	72,2	44,7

Таблица 2. Оценка риска потери слуха у моряков для стажа работы 10, 20 и 30 лет
Table 2. Risks of occupational hearing loss in maritime personnel with 10, 20, and 30 years of work experience

Средний возраст / Average age, yrs	Средний стаж (%) / Average work experience, %	Приемлемость риска / Risk acceptability	Стаж 20 лет (%) / 20-years work experience, %	Приемлемость риска / Risk acceptability	Стаж 30 лет (%) / 30-years work experience, %	Приемлемость риска / Risk acceptability
40	13,1	Неприемлем / Unacceptable	20,5	Неприемлем / Unacceptable	–	–
50	29,7	Неприемлем / Unacceptable	36,7	Неприемлем / Unacceptable	56,2	Неприемлем / Unacceptable
60	50,4	Неприемлем / Unacceptable	58,2	Неприемлем / Unacceptable	72,5	Неприемлем / Unacceptable

Кроме того, нами оценен профессиональный риск в соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03, основанный на классах условий труда (табл. 3).

На рабочих местах механиков и старшего моториста (токаря) эквивалентные уровни звука составили 94 и 93 дБА соответственно, что на основании Руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006–05⁷ позволяет отнести условия труда на данных рабочих местах по вредному фактору «шум» к классу 3.2. На рабочем месте моториста 1-го класса эквивалентный уровень звука составил 96 дБА, что позволяет установить на данном рабочем месте вредный класс третьей степени. Это, в свою очередь, согласно Руководству по оценке профессионального риска Р 2.2.1766–03 указывает на наличие на рабочих местах механиков и старшего моториста (токаря) существенного риска категории 2, на рабочем месте моториста 1-го класса – непереносимого риска категории 2.

По результатам проведения предварительных медицинских осмотров моряков признаки, указывающие на развитие нейросенсорной тугоухости, не выявлены, что объясняется своевременным лечением лиц, имеющих сдвиг аудиограммы на 15–26 дБ.

Обсуждение. На рабочих местах механиков, электромехаников, мотористов ПАО «Новошип» установлено превышение уровня эквивалентного уровня шума на 13–16 дБА, что увеличивает вероятность нарушения слуха у работников. В этих условиях определение профессионального риска возникновения нейросенсорной тугоухости является важной составляющей в профилактике заболеваний органа слуха среди плавсостава. Результаты определения априорного профессионального риска у плавсостава ПАО «Новошип» указывают на увеличение риска потери слуха с возрастом и стажем, что согласуется с литературными данными [6, 10]. Так, вероятность

потери слуха на 26 дБ (I степень нейросенсорной тугоухости) у моряков в возрасте 50 лет со стажем 30 лет составляет 52,2 %, в возрасте 60 лет со стажем 30 лет – 72,2 %; вероятность потери слуха на 41 дБ (II степень нейросенсорной тугоухости) соответственно составляет 27,4 и 44,7 %.

Кроме того, по результатам расчетов установлено, что на текущий момент при среднем возрасте 40 лет и стаже 10 лет риск развития I степени нейросенсорной тугоухости можно оценить как неприемлемый. В последующем с увеличением возраста и стажа работы риск также остается неприемлемым и увеличивается.

Установление существенного профессионального риска по уровню шума в соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03 на рабочих местах механиков и старшего моториста требует проведения мероприятий, направленных на его снижение в установленные сроки, а установление непереносимого риска на рабочем месте моториста 1-го класса требует проведения неотложных мероприятий по снижению риска.

В соответствии с РД 31.81.81–90⁸ к таким мероприятиям относятся: использование оборудования на судне с шумовыми характеристиками, отвечающими нормативному уровню звука; автоматизация процесса наблюдения за показателями работы оборудования машинного отделения; размещение рабочих мест ЦПУ в звукоизолирующем помещении; применение вибродемпфирования крепления главных и вспомогательных двигателей; использование средств индивидуальной защиты с понижающим коэффициентом более 26 дБА с учетом высокой защищенности в низкочастотном диапазоне. При стаже работы более 10 лет рекомендуются лечебно-профилактические мероприятия в межрейсовый период.

При невозможности достижения предельно допустимого уровня производственного фактора на рабочих местах за счет технических мероприя-

⁷ Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.07.2005 (далее – Р 2.2.2006–05 от 29.07.2005).

⁸ РД 31.81.81–90 «Рекомендации по снижению шума на судах морского флота». Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200047359/titles/1SGS309>. Ссылка активна на 27 апреля 2022 г.

Таблица 3. Класс условий труда и категория профессионального риска на рабочих местах ПАО «Новошип», характеризующихся повышенными уровнями шума

Table 3. Class of working conditions and occupational risk category at workplaces with high noise exposure in Novoship PJSC

№	Профессия/должность / Profession/occupation	Эквивалентный уровень звука / Equivalent sound level	Класс условий труда по Р 2.2006-05 / Class of working conditions by R 2.2006-05	Категория риска по Р 2.2.1766-03 / Risk category by R 2.2.1766-03
1	Механики (старший механик (судовой), второй механик (судовой), третий механик (судовой), электромеханик (судовой), дублер электромеханика (судового)) / Mechanical engineers (senior mechanical engineer (ship service), second mechanical engineer (ship service), third mechanical engineer (ship service), marine electrician, assistant marine electrician)	94	3,2	Средний (существенный риск) / Moderate (significant risk)
2	Старший моторист (токарь) / Senior stoker (turner)	93	3,2	Средний (существенный риск) / Moderate (significant risk)
3	Моторист 1-го класса / First-class stoker	96	3,3	Высокий (непереносимый риск) / High (intolerable risk)

тий (модернизация производства, техническое перевооружение) ключевую роль в профилактике заболеваний играют использование средств индивидуальной защиты органа слуха и медико-профилактические мероприятия (предварительные и периодические медицинские осмотры).

ПАО «Новошип» предприняло исчерпывающие меры, направленные на уменьшение влияния шума на моряков, в том числе эксплуатацию судов с современными конструкторскими решениями, обеспечение средствами индивидуальной защиты. На исследуемом судне ПАО «Новошип» применяются средства индивидуальной защиты «СОМЗ-1 Ягуар» с понижающим коэффициентом на 27 дБА, в связи с чем результирующий показатель уровня шума, непосредственно воздействующий на орган слуха правостав, составляет менее 80 дБА [25].

Кроме того, результаты наших исследований подтверждают важное значение в профилактике нейросенсорной тугоухости при воздействии шума на моряков проведения предварительных и периодических медицинских осмотров, включающих аудиометрию в диапазоне 15–26 дБ. Поэтому считаем важным проведение пороговой тональной аудиометрии в ходе предварительных медицинских осмотров с формированием ежегодно обновляемой базы данных, учитывающей своевременное проведение лечебных мероприятий, стаж, возраст, должность.

Выводы.

1. Оценка профессионального риска является основой для разработки и своевременного проведения профилактических мероприятий и имеет важное прогностическое значение в определении возраста и стажа в конкретных условиях шумовой нагрузки, при которых будут сформированы первые признаки потери слуха и нейросенсорной тугоухости.

2. Считаем необходимым для планирования мероприятий по профилактике профессиональных заболеваний, обусловленных влиянием повышенного уровня звука, закрепление на законодательном уровне проведения в рамках ежегодных медицинских осмотров оценки профессионального риска потери слуха с учетом результатов аудиометрии работников при уровнях шума выше 80 дБА.

Список литературы

- Шур П.З., Зайцева Н.В., Фокин В.А., Редько С.В. Методические подходы к оценке профессионального

риска здоровью, обусловленного воздействием шума на уровне 80–85 дБА // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 8. С. 866–870. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-866-870

- Алексеев В.Б., Зайцева Н.В., Шур П.З. Перспективы управления профессиональными рисками в условиях реформ нормативно-правовой базы // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 10. С. 39–44. doi: 10.31089/1026-9428-2018-10-39-44
- Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Голованова Г.В., Степанян И.В. Сдвиг парадигмы в гигиене труда: прогнозирование и каузация как основа управления риском // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91. № 5. С. 62–65.
- Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
- Мыльникова Л.А. Разработка мер по управлению рисками для здоровья работающих граждан // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 4. С. 275–278. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-275-278
- Мельшер А.В., Ерастова Н.В., Киселев А.В., Кропот А.И. Априорный профессиональный риск здоровью работающих нефтеперерабатывающего предприятия от воздействия производственного шума // Профилактическая и клиническая медицина. 2021. № 1 (78). С. 12–19. doi: 10.47843/2074-9120_2021_1_12
- Мазитова Н.Н., Аденинская Е.Е., Панкова В.Б. и др. Влияние производственного шума на слух: систематический обзор зарубежной литературы // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 2. С. 48–53.
- Волгарева А.Д., Каримова Л.К., Маврина Л.Н., Гимаева З.Ф., Бейгул Н.А. Производственный шум как фактор профессионального риска на предприятиях нефтехимической отрасли // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 116–124. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.13
- Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 9. С. 527–532. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
- Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Курьеров Н.Н., Прокопенко Л.В., Булгакова М.В., Хахилева О.О. Совершенствование критериев потери слуха и оценка профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 4. С. 1–9. doi: 10.31089/1026-9428-2018-4-1-9
- Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Медицина труда и экология человека. 2015. № 3. С. 7–13.
- Вильк М.Ф., Панкова В.Б., Капцов В.А. Транспортный шум как фактор риска профессиональной тугоухости (на примере авиационного и железнодорожного транспорта) // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 36–37.

13. Транковский Д.Е. Условия труда и профессиональная заболеваемость работников транспорта в Приморском крае // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2014. № 4 (58). С. 111–113.
14. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л., Доронин И.А. Медицинские осмотры плавсостава северного бассейна: результаты, анализ, проблемы // Медицина экстремальных ситуаций. 2018. Т. 20. № 2. С. 172–179.
15. Kim KS. Occupational hearing loss in Korea. *J Korean Med Sci.* 2010;25(Suppl):S62–S69. doi: 10.3346/jkms.2010.25.S.S62
16. Fuente A, Hickson L. Noise-induced hearing loss in Asia. *Int J Audiol.* 2011;50(Suppl 1):S3–S10. doi: 10.3109/14992027.2010.540584
17. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):446–458. doi: 10.1002/ajim.20223
18. Sliwiska-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. *Noise Health.* 2012;14(61):274–280. doi: 10.4103/1463-1741.104893
19. Toppila E, Pykkö I, Pääkkönen R. Evaluation of the increased accident risk from workplace noise. *Int J Occup Saf Ergon.* 2009;15(2):155–162. doi: 10.1080/10803548.2009.11076796
20. Régime général tableau 42. Atteinte auditive provoquée par les bruits léSIONNELS. (In French.) Accessed January 24, 2022. <https://www.inrs.fr/mp09/2017>
21. Благинина Т.Ф., Болотнова Т.В. Нейросенсорная тугоухость – предиктор эндотелиальной дисфункции некоторых неинфекционных заболеваний у работающих (обзор междисциплинарных исследований) // Кубанский научный медицинский вестник. 2020. Т. 27. № 2. С. 113–126. doi: 10.25207/1608-6228-2020-27-2-113-126
22. Фокин В.А., Шляпников Д.М., Редько С.В. Оценка связи заболеваемости профессиональными и профессионально обусловленными заболеваниями с воздействием шума, превышающего предельно допустимые уровни // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 10. С. 17–19. doi: 10.31089/1026-9428-2018-10-17-19
23. Сюрин С.А., Бойко И.В. Профессиональная тугоухость у промышленных рабочих Мурманской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 2 (323). С. 21–25. doi: 10.35627/2219-5238/2020-323-2-21-25
24. Меркулова Н.А. Гигиеническая оценка профессионального риска влияния шума на орган слуха работников мебельного производства // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 5 (326). С. 42–46. doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-42-46
25. Елкина В.Н., Киёк О.В. Специальная оценка условий труда на научно-исследовательском судне геофизической разведки // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 4 (289). С. 19–21. doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-19-21

References

1. Shur PZ, Zaitseva NV, Fokin VA, Red'ko SV. Methodical approaches to assessing occupational health risks caused by exposure to 80–85 dB(A) noise. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(8):866–870. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-866-870
2. Alekseev VB, Zaitseva NV, Shur PZ. The prospects of occupational risk management during reforms of regulatory legislation basis. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2018;(10):39–44. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-10-39-44
3. Denisov EI, Prokopenko LV, Golovaneva GV, Stepanyan IV. Paradigm shift in health: forecasting and causation as a basis for risk management. *Gigiena i Sanitariya.* 2012;91(5):62–65. (In Russ.)
4. Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1125–1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
5. Mylnikova LA. Development of measures to manage risks to the health of working citizens. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2020;60(4):275–278. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-275-278
6. Meltser AV, Erastova NV, Kiselev AV, Kropot AI. A priori occupational health risk of oil refining workers

- from noise production impact. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina.* 2021;(178):12–19. (In Russ.) doi: 10.47843/2074-9120_2021_1_12
7. Mazitova NN, Adeninskaya EE, Pankova VB, et al. Influence of occupational noise on hearing: systematic review of foreign literature. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2017;(2):48–53. (In Russ.)
8. Volgareva AD, Karimova LK, Mavrina LN, Gimaeva ZF, Beigul NA. In-plant noise as occupational risk factor at petrochemical plants. *Health Risk Analysis.* 2017;(1):116–124. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2017.1.13
9. Bukhtiyarov IV. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2019;59(9):527–532. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
10. Bukhtiyarov IV, Denisov EI, Courrierov NN, Prokopenko LV, Bulgakova MV, Khahileva OO. Improvement of noise-induced hearing loss criteria and occupational risk assessment. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2018;(4):1–9. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-4-1-9
11. Popova AYU. Working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka.* 2015;(3):7–13. (In Russ.)
12. Vil'k MF, Pankova VB, Kapstov VA. Traffic noise as a risk factor for occupational deafness (exemplified by air and railway transport). *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2017;(9):36–37. (In Russ.)
13. Trankovsky DE. Working conditions and occupational morbidity transport workers in Primorsky Region. *Zdorov'e Meditsinskaya Ekologiya. Nauka.* 2014;(4(58)):111–113. (In Russ.)
14. Kazakevich EV, Arkhipovsky VL, Doronin IA. Medical inspections of Northern Fleet personnel: results, analysis, problems. *Meditsina Ekstremal'nykh Situatsiy.* 2018;20(2):172–179. (In Russ.)
15. Kim KS. Occupational hearing loss in Korea. *J Korean Med Sci.* 2010;25(Suppl):S62–S69. doi: 10.3346/jkms.2010.25.S.S62
16. Fuente A, Hickson L. Noise-induced hearing loss in Asia. *Int J Audiol.* 2011;50(Suppl 1):S3–S10. doi: 10.3109/14992027.2010.540584
17. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):446–458. doi: 10.1002/ajim.20223
18. Sliwiska-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. *Noise Health.* 2012;14(61):274–280. doi: 10.4103/1463-1741.104893
19. Toppila E, Pykkö I, Pääkkönen R. Evaluation of the increased accident risk from workplace noise. *Int J Occup Saf Ergon.* 2009;15(2):155–162. doi: 10.1080/10803548.2009.11076796
20. Régime général tableau 42. Atteinte auditive provoquée par les bruits léSIONNELS. (In French.) Accessed January 24, 2022. <https://www.inrs.fr/mp09/2017>
21. Blaginina TF, Bolotnova TV. Sensorineural hearing loss as a predictor of endothelial dysfunction in some non-communicable diseases in the working population (a review of interdisciplinary studies). *Kubanskiy Nauchnyy Meditsinskiy Vestnik.* 2020;27(2):113–126. (In Russ.) doi: 10.25207/1608-6228-2020-27-2-113-126
22. Fokin VA, Shlyapnikov DM, Red'ko SV. Risk assessment of occupational and occupationally conditioned diseases connection to noise when exceeding maximum permissible levels. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2018;(10):17–19. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2018-10-17-19
23. Syurin SA, Boiko IV. Noise-induced hearing loss in industrial workers of the Murmansk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(2(323)):21–25. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-323-2-21-25
24. Merkulova NA. Hygienic assessment of the occupational risk of noise effects on the organ of hearing in furniture makers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(5(326)):42–46. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-42-46
25. Yolkina VN, Kiyok OV. The special estimation of working conditions on the geophysical exploring research vessel. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2017;(4(289)):19–21. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-19-21



© Корчин В.И., Корчина Т.Я., 2022

УДК 612.744.21-018.2:613.6-577.118.613.1



Характеристика психофизиологического состояния у мужского населения ХМАО в зависимости от профессиональной деятельности

В.И. Корчин, Т.Я. Корчина

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

Резюме

Введение. Прогрессивно увеличивающаяся интенсивность движения на дорогах ведет к неуклонному росту информационной и психоэмоциональной нагрузки на водителей. Профессиональную деятельность водителей грузового автотранспорта характеризует воздействие комплекса негативных факторов: тяжесть труда, постоянное психоэмоциональное напряжение, вибрация, шум, фиксированная рабочая поза, зачастую неудовлетворительная видимость, концентрация вредных газов в воздухе, вносящих свой вклад в нервно-эмоциональное напряжение.

Цель исследования: изучение особенностей психофизиологического статуса мужского населения северного региона в зависимости от их профессиональной деятельности и установление наличия и выраженности корреляционных связей между показателями, характеризующими психоэмоциональное состояние и элементный статус.

Материалы и методы. В течение 2018 года у 182 мужчин (32,6 ± 6,2 года) северного региона (94 водителя большегрузных автомобилей и 88 служащих) оценивали психоэмоциональный статус, определяли концентрацию катехоламинов (адреналина и норадреналина) в плазме крови и моче иммуноферментным методом и содержание в волосах магния (Mg) и калия (K) методами АЭС-ИСП и МС-ИСП.

Результаты. У профессиональных водителей северного региона установлена большая подверженность психоэмоциональному напряжению ($p = 0,042...0,001$), более высокие показатели концентрации гормонов стресса (кортизола, адреналина) в крови ($p = 0,049...0,005$) и в моче ($p = 0,004...0,003$) на фоне худшей обеспеченности организма Mg и K – биоэлементами, принимающими участие в регуляции психоэмоциональной деятельности ($p = 0,004...0,003$). Корреляционный анализ между вышеназванными показателями подтвердил, что у профессиональных водителей психоэмоциональное напряжение тесно взаимосвязано с дефицитом магния, калия ($r = -0,475...-0,601$) и с активизацией нейроэндокринной системы (увеличение гормонов стресса) ($r = -0,514...-0,828$).

Заключение. С целью стабилизации психоэмоционального состояния, повышения эффективности труда, укрепления здоровья и улучшения качества жизни профессиональных водителей необходимо корректировать микронутриентный статус с помощью витаминно-минеральных комплексов и обогащенных продуктов питания.

Ключевые слова: северный регион, профессиональные водители, психоэмоциональное напряжение, кортизол, адреналин, магний, калий.

Для цитирования: Корчин В.И., Корчина Т.Я. Характеристика психофизиологического состояния у мужского населения ХМАО в зависимости от профессиональной деятельности // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 52–58. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-52-58>

Сведения об авторах:

✉ **Корчина** Татьяна Яковлевна – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Корчин Владимир Иванович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии; e-mail: vikhmgmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Корчина Т.Я., Корчин В.И.; сбор данных: Корчина Т.Я.; анализ и интерпретация результатов: Корчин В.И.; литературный обзор: Корчина Т.Я., Корчин В.И.; подготовка рукописи: Корчин В.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики (решение междисциплинарного этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (протокол № 98 от 17 октября 2014 года)).

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке департамента образования и молодежной политики правительства ХМАО-Югры (приказ № 1812 от 29.12.2015).

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

Статья получена: 30.11.21 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Occupation and Psychophysiological Status of the Male Population of the Khanty-Mansi Autonomous Area

Vladimir I. Korchin, Tatyana Ya. Korchina

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

Summary

Introduction: The progressively growing road traffic intensity leads to a steady increase in the informational, emotional and psychological burden in drivers. Truck drivers are exposed to numerous occupational risk factors, including hard labor, constant psychological stress, vibration, noise, a fixed working position, poor visibility, and excess concentrations of noxious gases, all affecting their psychophysiological status.

Objective: To study the relationship between professional work and characteristics of the psychophysiological status of the male population of the northern region and to establish the presence and strength of correlations between their elemental and psychoemotional status.

Materials and methods: We assessed the psychoemotional status of 182 men aged 32.6 ± 6.2 years, including 94 truck drivers and 88 office workers, living in three northern cities of the Russian Federation. We also established their blood and urinary levels of catecholamines (adrenaline and noradrenaline) using enzyme immunoassay and measured hair magnesium and potassium levels using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy and inductively coupled plasma mass spectrometry.

Results: We observed that the professional drivers of the northern region were more susceptible to psychological stress ($p = 0.042...0.001$), had higher levels of stress hormones (cortisol and adrenaline) in blood ($p = 0.049...0.005$) and urine ($p = 0.004...0.003$), but lower hair levels of magnesium and potassium, the trace elements essential for mental health ($p = 0.004...0.003$), than male office workers. The correlation analysis of the above parameters proved that psychological stress of the truck drivers was attributed to magnesium and potassium deficiency ($r = -0.475...-0.601$) and a high level of stress hormones ($r = -0.514...-0.828$).

Conclusion: In order to stabilize emotional and psychological status and to improve the performance, physical health, and the quality of life of professional drivers, it is important to correct their micronutrient status using multivitamin/multimineral supplements and enriched foods.

Keywords: northern region, professional drivers, psychological stress, cortisol, adrenaline, magnesium, potassium.

For citation: Korchin VI, Korchina TYa. Occupation and psychophysiological status of the male population of the Khanty-Mansi Autonomous Area. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):52–58. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-52-58>

Author information:

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

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

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

Compliance with ethical standards: The study was conducted in compliance with ethical principles of the Declaration of Helsinki and approved by the Interdisciplinary Ethics Committee of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Minutes No. 98 of October 2014, 17.

Funding: The study was supported by the Department of Education and Youth Policy of the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra (Order No. 1812 of December, 29, 2015).

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

Received: November 30, 2021 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. На территории Российской Федерации, имеющей площадь 17,1 млн км² (1-е место в мире), доля северных территорий составляет почти 65 %. Здесь проживает 10,8 млн человек, что составляет 7,5 % населения страны. Современная экономическая и геополитическая ситуация в мире диктует важность дальнейшего освоения северных территорий [1]. Одним из приоритетов научно-технического развития Российской Федерации является «необходимость эффективного экономического, научного и военного освоения Севера», требующего в свою очередь решения целого ряда проблем, связанных с созданием условий, обеспечивающих санитарно-эпидемиологическое благополучие, профилактику заболеваний, формирование здорового образа жизни, доступность и высокое качество оказания медицинской помощи населению, включая работающих граждан [2].

Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), расположенный на севере Тюменской области, вносит весомый вклад в экономику страны благодаря мощным топливно-энергетическим комплексам, лесной и рыбной промышленности, динамично развивающейся городской инфраструктуре. Поэтому профессия водителя большегрузного автотранспорта становится в регионе все более востребованной, но сопряженной, с одной стороны, с неблагоприятными климатогеографическими факторами Севера [3–9], а с другой – с нервно-эмоциональным напряжением, тяжестью труда, фиксированной рабочей позой, шумом, вибрацией, плохой видимостью [10], содержанием вредных и опасных газов и аэрозолей в воздушной среде [11–15], которые вносят свой вклад в психофизиологическое состояние, тем более в условиях северного региона, в котором наряду с экстремальными климатическими условиями, антропо-техногенным загрязнением в процессе трудовой деятельности у работников разных профессий (включая водителей) создаются предпосылки для прогрессирования у них психофункционального напряжения, способствующего формированию в последующем «окислительного стресса» [16, 17].

Все важнейшие биохимические процессы в организме зависят от минералов, которые входят в состав многих биологически активных веществ, соединяясь с белками, углеводами, составляют структуру ферментов, витаминов, гормонов [18]. Доказано, что существует взаимосвязь между неадекватной обеспеченностью организма человека макро- и микроэлементами и возникновением

различных заболеваний, в том числе связанных с психоэмоциональным напряжением [19–22].

Цель исследования: изучить особенности психофизиологического статуса мужского населения северного региона в зависимости от профессиональной деятельности и установить наличие и выраженность связей между показателями, характеризующими психоэмоциональное состояние и элементный статус.

Материалы и методы. Обследовано 182 человека, постоянно проживающих в городах ХМАО: Ханты-Мансийске, Сургуте, Нижневартовске. Все обследованные лица были разделены на 2 группы: основная и контрольная. В обеих группах обследованные лица представляли взрослое население мужского пола. В первую (основную) группу вошли 94 человека (средний возраст $32,6 \pm 6,2$ года) – водители большегрузных автомобилей и бензовозов со стажем работы по данной профессии более 5 лет. Контрольная (II) группа – 88 служащих, не занятых в производственной сфере.

Исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики (решение междисциплинарного этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (протокол № 98 от 17 октября 2014 года) и сопровождалось добровольно полученным письменным информированным согласием обследуемых лиц (Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ).

Функциональное состояние психологического статуса и уровень стресса определяли с помощью универсальной шкалы PSM-25 Lemur-Tessier-Fillion в модификации Н.Е. Водопьяновой (2009), которая позволяла проводить измерения стрессовых ощущений в соматических, поведенческих и эмоциональных показателях. Для анализа уровня депрессивного состояния использовали шкалу W.K. Zung (1972), по которой осуществлялся опрос обследуемых лиц по диагностическим критериям депрессии и выявляли уровень расстройства на основе самооценки пациента. Уязвимость к негативным последствиям стресса оценивали с помощью анкетированного опроса по методике Т.А. Иванченко «Инвентаризация симптомов стресса», которая предусматривает развитие наблюдательности к стрессовым проявлениям, выявление различной степени подверженности негативным последствиям стресса. Для определения степени восприимчивости к развитию синдрома эмоционального выгорания использовали шкалу

D. MacLean (в обработке Н.Е. Водопьяновой, 2009), которая позволяет измерять в баллах (от 20 до 100) предрасположенность к развитию синдрома эмоционального выгорания, и методики В.В. Бойко и А.А. Рукавишниковой (2004).

Для определения концентрации катехоламинов (адреналина и норадреналина) в плазме крови и моче проводили иммуноферментный анализ с использованием коммерческих наборов фирмы IBL CatCombi ELISA. С целью выявления гормона стресса – кортизола в плазме крови и суточной моче использовали коммерческие тест-наборы Cortisol Elisa фирмы HUMAN GmbH и фирмы IBL CatCombi ELISA соответственно.

Доказано, что человеческие волосы являются удобным биологическим индикатором для оценки алиментарной обеспеченности организма биоэлементами за продолжительный период, который отражает поступление химических элементов в прошлом и, в отличие от крови, не подвержен суточным колебаниям [23, 24]. В волосах обследованных лиц методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой (АЭС) и масс-спектрометрии (МС) (МУК 4.1.1482–03¹, МУК 4.1.1483–03²) определяли концентрацию магния (Mg) и калия (K) – биоэлементов, принимающих активное участие в регуляции психофизиологической функции организма человека [18, 22]. Использовали атомно-эмиссионный спектрометр Optima DV 2000 фирмы PerkinElmer Corp. и масс-спектрометр ELAN 9000 фирмы PerkinElmer – Sciex, а также систему микроволнового разложения Multiwave 3000 фирмы PerkinElmer – A. Paar. Полученные результаты сравнивали с референтными значениями [25].

Статистическую обработку материала проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel и Statistica 8.0. Тип распределения для вы-

борок определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку средней арифметической (m), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Параметры с ненормальным распределением представляли и как медиану (Me), а в качестве мер рассеивания использовали 25-й и 75-й процентиля. Достоверность различий изучаемых параметров анализировали с применением критерия Фишера – Стьюдента при нормальном распределении и Манна – Уитни при его отсутствии. Для определения корреляционных связей использовали коэффициент корреляции Спирмена. Достоверными считали различия и корреляции при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. В ходе комплексного исследования психофункционального состояния трудоспособного населения, отличающегося характером своей профессиональной деятельности, были получены статистически значимые результаты, а именно: средний балл показателя психологической адаптированности к рабочим нагрузкам в группе водителей был выше и составил $124,1 \pm 5,8$ против $99,4 \pm 4,6$ в контроле (табл. 1, $p = 0,001$).

Межгрупповые различия по всем остальным показателям (за исключением степени субъективного комфорта) свидетельствовали о различной степени выраженности изменений психофизиологического состояния у водителей сравнительно с таковыми у представителей контрольной группы, у которых отмечали более низкие значения. Следовательно, профессиональные водители были более подвержены психоэмоциональному напряжению в процессе трудовой деятельности, нежели служащие (табл. 1).

Устойчивость организма к эмоциональному стрессу в дискомфортных условиях среды обитания

Таблица 1. Сравнительная характеристика психофизиологического состояния у мужского населения ХМАО в зависимости от профессиональной деятельности (баллы)

Table 1. Comparative characteristics of the psychophysiological status of the study male population of the Khanty-Mansi Autonomous Area depending on occupation (points)

Показатель / Indicator	Обследуемые работники / Examined workers <i>n</i> = 182				<i>p</i>
	водители / drivers <i>n</i> = 94		служащие / office workers <i>n</i> = 88		
	<i>M</i> ± <i>m</i>	min ↔ max	<i>M</i> ± <i>m</i>	min ↔ max	
Психологическая адаптированность к рабочим нагрузкам / Psychological adaptation to workload	124,1 ± 5,8	45 ↔ 164	99,4 ± 4,6	55 ↔ 152	0,001
Подверженность к развитию синдрома эмоционального выгорания / Susceptibility to burnout syndrome	62,4 ± 4,2	36 ↔ 76	52,5 ± 3,2	28 ↔ 62	0,042
Степень субъективного комфорта / Degree of subjective comfort	40,9 ± 6,4	22 ↔ 49	48,6 ± 5,0	39 ↔ 58	0,217
Подверженность негативным последствиям стресса / Susceptibility to adverse effects of stress	49,6 ± 2,3	32 ↔ 70	41,2 ± 1,9	24 ↔ 61	0,006
Предрасположенность к патологическим стресс-реакциям / Predisposition to pathological response to stress	29,3 ± 2,8	9 ↔ 41	17,6 ± 2,5	4 ↔ 38	0,002
Психологическая устойчивость к экстремальным условиям труда / Psychological resistance to extreme working conditions	5,3 ± 0,3	2 ↔ 9	3,9 ± 0,7	1 ↔ 7	0,023
Уровень депрессии / Severity of depression	39,8 ± 1,5	22 ↔ 45	33,6 ± 1,4	12 ↔ 41	0,003

¹ МУК 4.1.1482–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой».

² МУК 4.1.1483–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой».

обеспечивается эффективной работой эндокринной системы, которая способна поддерживать необходимый для адаптации уровень гормонов. Значительную роль в развитии ответной реакции организма на эмоциональный стресс играют соответствующие гормоны (кортизол, катехоламины), которые в значительных количествах поступают в кровь. Усиление экскреции данных гормонов является своеобразным звеном, через которое осуществляется влияние высших отделов ЦНС на метаболические процессы. В табл. 2 представлены результаты исследования концентрации кортизола и адреналина в крови и в моче у обследованных лиц ХМАО.

Средние величины концентрации изучаемых кортизола и адреналина в обеих группах находились в диапазоне физиологически оптимальных значений. Однако средний уровень кортизола был в 1,5 ($p = 0,005$), а адреналина в 1,2 ($p = 0,049$) раза выше в крови у водителей сравнительно с таковым показателем у служащих (табл. 2). Установлено превышение концентрации кортизола у 19 (20,2 %) и адреналина у 24 (27,3 %) водителей, в то время как не установлено ни одного случая повышенного их содержания в биосредах у служащих.

Известно, что из кровотока происходит быстрая элиминация кортизола и особенно катехоламинов. Установлена достоверно более высокая концентрация как кортизола ($p = 0,003$), так и адреналина ($p = 0,004$) в моче. Выявлено умеренное превышение уровня кортизола в моче у 22 (23,4 %) водителей. В группе водителей у 35 (38,0 %) лиц показатели концентрации адреналина в моче соответствовали верхней границе нормативов. При этом у служащих не отмечалось идентичных изменений концентрации этих гормонов в моче.

В группе водителей чаще встречались более высокие индивидуальные показатели концентрации гормонов стресса, нежели у служащих.

Эти данные согласуются с результатами нашего опроса по соответствующим методикам оценки психофизиологического состояния, которые продемонстрировали высокую степень предрасположенности водителей развитию синдрома эмоционального выгорания.

В последние десятилетия внимание многих исследователей приковано к изучению содержания различных химических элементов в образцах биологических жидкостей и тканях человека. Анализ состояния элементного статуса позволяет оценивать как на популяционном, так и индивидуальном уровнях возможности адаптационных резервов организма в различных условиях среды обитания человека. Экспериментальные и клинические исследования содержания биоэлементов играют существенную роль в профилактической медицине, так как позволяют своевременно выявлять и устранять дисбаланс (избыток, недостаток) макро- и микроэлементов. Это особенно актуально для групп людей, постоянно подвергающихся негативному влиянию экологического и психоэмоционального «прессинга» в процессе их трудовой деятельности.

Многие эссенциальные биоэлементы входят в состав ферментов, обеспечивая им катализирующую способность влиять на биохимические реакции в организме человека, а также на функциональную активность корковых и подкорковых структур головного мозга, в первую очередь это касается Mg и K [18, 20, 21, 26–28].

В табл. 3 показаны результаты изучения содержания Mg и K в волосах мужского населения округа.

Так, при анализе на содержание макроэлементов было зарегистрировано значимое уменьшение (в 1,7 раза) уровня Mg в волосах водителей, сравнительно с таковым показателем у служащих (табл. 3, $p = 0,003$). Следует отметить, что дефицит

Таблица 2. Содержание гормонов стресса в крови и суточной моче у мужского населения ХМАО в зависимости от профессиональной деятельности

Table 2. Blood and urinary levels of stress hormones in the study male population of the Khanty-Mansi Autonomous Area

Показатель / Indicator	Обследуемые работники / Examined workers <i>n</i> = 182				<i>p</i>
	водители / drivers <i>n</i> = 94		служащие / office workers <i>n</i> = 88		
	<i>M</i> ± <i>m</i>	min ↔ max	<i>M</i> ± <i>m</i>	min ↔ max	
Уровень гормонов в плазме крови, нмоль/л / Plasma hormone levels, nmol/L					
Кортизол / Cortisol	627,46 ± 62,3	538 ↔ 712	420,05 ± 34,1	386 ↔ 464	0,005
Адреналин / Adrenaline	2,39 ± 0,16	1,96 ↔ 2,58	2,02 ± 0,09	1,78 ↔ 2,3	0,049
Содержание гормонов в суточной моче, нмоль/сутки / Urinary hormone levels, nmol/day					
Кортизол / Cortisol	246,60 ± 14,2	192 ↔ 269	182,35 ± 16,4	155 ↔ 198	0,003
Адреналин / Adrenaline	74,38 ± 8,8	65,4 ↔ 83,5	42,60 ± 6,5	34,8 ↔ 48,5	0,004

Таблица 3. Концентрация магния и калия в волосах у мужского населения Ханты-Мансийского автономного округа (мкг/г)

Table 3. Hair magnesium and potassium levels in the study male population of the Khanty-Mansi Autonomous Area (μg/g)

Химический элемент / Chemical element	Обследуемые работники / Examined workers <i>n</i> = 182						<i>p</i>
	водители / drivers <i>n</i> = 94			служащие / office workers <i>n</i> = 88			
	<i>M</i> ± <i>m</i>	Me	25 ↔ 75	<i>M</i> ± <i>m</i>	Me	25 ↔ 75	
Магний / Magnesium	81,44 ± 15,2	84,9	35,6 ↔ 129,3	140,6 ± 12,4	153,2	95,2 ↔ 269,8	0,003
Калий / Potassium	6,80 ± 8,4	69,4	24,5 ↔ 82,9	122,9 ± 16,8	127,5	38,4 ↔ 154,9	0,004

различной степени выраженности Mg был обнаружен у 54 (57,4 %) водителей и только у 12 (13,6 %) служащих. Для водителей характерным было более низкое (в 1,8 раза) содержание K по сравнению с группой служащих ($p = 0,004$, табл. 3). Недостаточность K характеризовала элементный статус 48 (51,1 %) водителей и 19 (21,6 %) служащих ХМАО.

Итак, определение содержания эссенциальных химических элементов (Mg, K), ответственных за психофизиологическое состояние организма [18, 19, 21, 22], наглядно подтвердило, что профессиональная деятельность водителей сопровождается, по-видимому, избыточным расходом данных биоэлементов для поддержания оптимального уровня энергетических, пластических процессов в нервной ткани, проведения нервных импульсов в условиях эмоционального напряжения. Достоин внимания тот факт, что это согласуется и с анализом содержания гормонов стресса в крови и моче у данного контингента.

В последние годы наблюдается неуклонный рост эмоциональных проблем, который в большей степени приходится на трудоспособный возраст популяции. Проживание в северном регионе, несомненно, усугубляет данную ситуацию. Доказано, что психоэмоциональное напряжение, свойственное населению урбанизированных территорий Севера, может выступать в качестве дополнительного фактора риска, который способствует активизации окислительного стресса и развитию дизадаптации человека [29]. Данные изменения еще более ярко проявляются у работников, подверженных в процессе своей профессиональной деятельности выраженному психоэмоциональному стрессу. Учитывая специфику профессиональной деятельности обследуемых лиц, нами были изучены также корреляционные связи между показателями

психоэмоционального состояния (подверженность негативным последствиям стресса, синдром эмоционального выгорания, уровень депрессии), концентрацией гормонов стресса и содержанием в волосах химических элементов (Mg, K) (табл. 4). В ходе исследования были обнаружены: значительная прямая взаимосвязь между подверженностью негативным последствиям стресса и синдромом эмоционального выгорания ($r = +0,610$) и умеренная — между подверженностью негативным последствиям стресса и концентрацией кортизола и адреналина в крови ($r = +0,476$ и $r = +0,498$ соответственно) и, соответственно, в моче ($r = +0,465$ и $r = +0,359$).

Уровень депрессии был связан сильной прямой корреляционной связью с синдромом эмоционального выгорания ($r = +0,734$) и еще более сильной взаимосвязью между подверженностью негативным последствиям стресса и уровнем депрессии ($r = 0,841$). При этом уровню депрессии также были свойственны следующие взаимосвязи: прямые сильные с концентрацией гормонов стресса в крови (кортизол — $r = +0,834$ и адреналин — $r = +0,756$) и обратные умеренные связи с концентрацией K ($r = -0,492$) и Mg ($r = -0,475$) (табл. 4). Наряду с этим нами были выявлены сильные прямые взаимосвязи между синдромом эмоционального выгорания и концентрацией в крови кортизола и адреналина ($r = +0,802$ и $r = +0,719$ соответственно), а также значительные — в моче кортизола и адреналина ($r = +0,536$ и $r = +0,502$), а также обратные связи между вышеуказанным показателем психофизиологического состояния и содержанием в волосах таких биоэлементов, как Mg ($r = -0,514$) и K ($r = -0,610$). Нелишне отметить, что гормоны стресса были связаны между собой значительной прямой корреляционной связью ($r = +0,575$). Следует отметить наличие сильной

Таблица 4. Взаимосвязи между показателями психофункционального состояния, концентрацией гормонов стресса в крови и в моче и содержанием в волосах магния и калия у водителей ХМАО

Table 4. Correlations between psychofunctional status indicators, blood and urinary levels of stress hormones, and hair magnesium and potassium levels in the drivers of the Khanty-Mansi Autonomous Area

Показатель / Indicator	Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	p
Синдром эмоционального выгорания ↔ подверженность негативным последствиям стресса / Burnout syndrome ↔ Susceptibility to adverse effects of stress	0,610	0,008
Синдром эмоционального выгорания ↔ уровень депрессии / Burnout syndrome ↔ Severity of depression	0,734	0,024
Подверженность негативным последствиям стресса ↔ уровень депрессии / Susceptibility to adverse effects of stress ↔ Severity of depression	0,841	< 0,001
Уровень депрессии ↔ кортизол в крови / Severity of depression ↔ Blood cortisol level	0,834	< 0,001
Уровень депрессии ↔ адреналин в крови / Severity of depression ↔ Blood adrenaline level	0,756	0,002
Уровень депрессии ↔ Mg / Severity of depression ↔ Hair Mg level	-0,475	0,054
Уровень депрессии ↔ K / Severity of depression ↔ Hair K level	-0,492	0,051
Синдром эмоционального выгорания ↔ кортизол в крови / Burnout syndrome ↔ Blood cortisol level	0,802	0,005
Синдром эмоционального выгорания ↔ адреналин в крови / Burnout syndrome ↔ Blood adrenaline level	0,719	0,012
Синдром эмоционального выгорания ↔ кортизол в моче / Burnout syndrome ↔ Urinary cortisol level	0,536	0,037
Синдром эмоционального выгорания ↔ адреналин в моче / Burnout syndrome ↔ Urinary adrenaline level	0,502	0,043
Синдромом эмоционального выгорания ↔ Mg / Burnout syndrome ↔ Hair Mg level	-0,514	0,037
Синдромом эмоционального выгорания ↔ K / Burnout syndrome ↔ Hair K level	-0,610	0,028
Кортизол в крови ↔ Mg / Blood cortisol level ↔ Hair Mg level	-0,828	< 0,001
Адреналин в крови ↔ Mg / Blood adrenaline level ↔ Hair Mg level	-0,756	0,009

обратной взаимосвязи между концентрацией в крови кортизола, адреналина и обеспеченностью организма жизненно важным биоэлементом Mg ($r = -0,828$ и $r = -0,756$ соответственно), однако взаимосвязь этих гормонов с одной стороны, а К — с другой оказалась слабой (табл. 4).

Заключение. Корреляционный анализ подтвердил, что у профессиональных водителей психоэмоциональное напряжение, возникающее в процессе трудовой деятельности, тесно взаимосвязано с дисбалансом элементного статуса (дефицит магния и калия) и с активизацией нейроэндокринной системы (увеличение гормонов стресса). Выявленные нами нарушения психоэмоциональной сферы, элементного и гормонального статуса у водителей большегрузного автотранспорта закономерно требует информирования работников о факторах риска здоровью, связанных с их профессиональной деятельностью, необходимых и реализуемых мероприятий по управлению риском, а также о способах и средствах индивидуальной профилактики нарушений [30].

Выводы.

1. Психоэмоциональное напряжение, свойственное водителям автотранспорта в процессе трудовой деятельности, сопровождается активизацией нейроэндокринной системы в виде повышения уровня гормонов стресса в крови и моче (кортизола и адреналина в 1,5 и 1,2 раза соответственно) сравнительно с таковыми показателями у служащих ($p = 0,003...0,005$).

2. Корреляционный анализ психоэмоционального состояния позволил обнаружить следующие взаимосвязи: значительные прямые между уровнем депрессии и концентрацией кортизола и адреналина в крови ($r = +0,834$ и $r = +0,756$ соответственно) и в моче ($r = +0,628$ и $r = +0,452$ соответственно), а также более тесные — между синдромом эмоционального выгорания и содержанием в крови стрессовых гормонов кортизола ($r = +0,802$) и адреналина ($r = +0,719$). Одновременно установили наличие обратных взаимосвязей между показателями синдрома эмоционального выгорания, с одной стороны, и содержанием в волосах таких жизненно важных элементов, как Mg ($r = -0,514$) и К ($r = -0,610$) — с другой.

3. С целью стабилизации психоэмоционального состояния, повышения эффективности труда, укрепления здоровья и улучшения качества жизни различных профессиональных групп работников урбанизированного Севера, в том числе и водителей большегрузных автомобилей, необходимо помимо оптимизации трудового процесса своевременно корректировать микронутриентный статус с помощью витаминно-минеральных комплексов и обогащенных продуктов питания.

Список литературы

- Карпин В.А., Гудков А.Б., Шувалова О.И. Анализ воздействия климатотехногенного прессинга на жителей северной урбанизированной территории // *Экология человека*. 2018. № 10. С. 9–14.
- Бобровицкий И.П., Яковлев М.Ю., Нагорнев С.Н. и др. Научные и организационно-методологические основы реализации приоритетных проектов медицины окружающей среды как интегративного профилактического направления медицинской науки и практического здравоохранения // *Микроэлементы в медицине*. 2017. Т. 18, Вып. 2. С. 3–9. doi:10.19112/2413-6174-2017-18-2-3-9
- Щербакова А.С. Фактор климата в жизнедеятельности северян: объективные данные и субъективные

оценки // *Экология человека*. 2019. № 7. С. 24–32. doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32

- Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254–261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
- Daanen HA, Van Marken Lichtenbelt WD. Human whole body cold adaptation. *Temperature (Austin)*. 2016;3(1):104–118. doi: 10.1080/23328940.2015.1135688
- Young TK, Mäkinen TM. The health of Arctic populations: Does cold matter? *Am J Hum Biol*. 2010;22(1):129–133. doi: 10.1002/ajhb.20968
- Risikko T. *Safety, health and productivity of cold work. A management model, implementation and effects*. Doctoral thesis. Finland: Oulu University Press; 2009.
- Nifontova OL, Konkova KS, Nagovitsin AV. Anthropomorphic measurement of middle-school age children living in Northern territory. *American Scientific Journal*. 2017;(15-1):33–36.
- Snodgrass JJ, Sorensen MV, Tarskaia LA, Leonard WR. Adaptive dimensions of health research among indigenous Siberians. *Am J Hum Biol*. 2007;19(2):165–180. doi: 10.1002/ajhb.20624
- Федотова И.В., Аширова С.А., Некрасова М.М., Бобоха М.А. Субъективная оценка водителями грузопассажирского автотранспорта условий труда и влияния их на состояние здоровья // *Здоровье населения и среда обитания*. 2017. № 10 (295). С. 27–30.
- Ахтиямова Л.А., Ситдикова И.Д., Мешков А.В. и др. Оценка риска здоровью населения в зоне влияния выбросов химического производства // *Здоровье населения и среда обитания*. 2018. № 9 (306). С. 43–48.
- Di Iorio S, Magno A, Mancaruso E, Dal Bello L. Engine performance and emissions of a small diesel engine fueled with various diesel/RME blends. *SAE Technical Paper*. 2014;32:1–35.
- Ellingsen DG, Chashchin M, Berlinger B, Fedorov V, Chashchin V, Thomassen Y. Biological monitoring of welders' exposure to chromium, molybdenum, tungsten and vanadium. *J Trace Elem Med Biol*. 2017;41:99–106. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.03.002
- Olumayede EG, Ediagbonya TF. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria. *Sci World J*. 2018;2018:6852165. doi: 10.1155/2018/6852165
- Salmanzadeh M, Saeedi M, Li LY, Nabi-Bidhendi Gh. Characterization and metals fractionation of street dust samples from Tehran, Iran. *Int J Environ Res*. 2015;9(1):213–224. doi: 10.22059/IJER.2015.891
- Стасенко Л.Н., Валько М.В., Сурапов М.В. и др. Психофизиологическое состояние водителя при междугородных автомобильных перевозках // *Вестник КГУСТА*. 2016. Т. 51. № 1. С. 360–366.
- Федотова И.В., Некрасова М.М., Полевая С.А. и др. Профессиональный стресс у водителей // *Охрана труда и техника безопасности на автотранспортных предприятиях и в транспортных цехах*. 2016. № 7. С. 48–56.
- Скальный А.В. Микроэлементы. Изд. 4-е, перераб. М.: «Фабрика блокнотов», 2018. 295 с.
- Акарачкова Е.С., Громова О.А., Котова О.В. Головная боль напряжения и дефицит магния // *Стресс под контролем*. 2017. № 1. С. 41–47.
- Василенко А.М., Шарипова М.М. Дефицит микроэлементов и проблема коморбидности // *Микроэлементы в медицине*. 2020. Т. 21, Вып. 1. С. 4–12. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-4-12
- Громова О.А., Калачева А.Г., Торшин И.Ю. и др. Диагностика дефицита магния. Концентрация магния в биосубстратах в норме и при различной патологии // *Кардиология*. 2014. № 10. С. 63–71.
- Корчина Т.Я., Корчин В.И., Маслакова А.П. Соприженность нарушений элементного статуса с уровнем стресса у медицинских работников скорой помощи // *Медицина труда и промышленная экология*. 2018. № 2. С. 26–29.
- Chojnacka K, Michalak I, Zielińska A, Gyrecka H, Górecki H. Inter-relationship between elements in human hair: The effect of gender. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2010;73(8):2022–2028. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.09.004

24. Momčilović B. On decoding the syntax of the human hair bioelement metabolism. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2017;18(2):54-55. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-54-55
 25. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
 26. Ekpenyong CE. Essential trace element and mineral deficiencies and cardiovascular diseases: facts and controversies. *Int J Nutr Food Sci*. 2017;6(2):53-64.
 27. Sendowski I. Magnesium therapy in acoustic trauma. *Magnes Res*. 2006;19(4):244-254.
 28. Skalnaya MG, Skalny AV. *Essential Trace Elements in Human Health: A Physician's View*. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2018.
 29. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Психоэмоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на севере России // *Экология человека*. 2012. № 8. С. 3–7.
 30. Костарев В.Г., Тендрякова С.Ю., Власова Е.М. и др. Информирование о рисках здоровью как составляющая риск-ориентированной модели оказания медицинской помощи работающему населению // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 2 (311). С. 4–8.
- ### References
1. Karpin VA, Gudkov AB, Shuvalova OI. Impact analysis of climate and technogenic pressing on residents of northern urban land. *Ekologia Cheloveka [Human Ecology]*. 2018;10(10):9-14. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-10-9-14
 2. Bobrovitsky IP, Yakovlev MYu, Nagornev SN, Khudov VV, Skalny AV, Rakhmanin YuA. Scientific and organizational-methodological basis for implementation of priority projects on environmental medicine as integrated prophylactic direction of medical science and practical health. *Mikroelementy v Meditsine*. 2017;18(2):3-9. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-3-9
 3. Shcherbakova AS. Abortions and abortive behavior in the context of searching for demographic development. *Ekologia Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;26(7):24-32. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32
 4. Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254-261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
 5. Daanen HA, Van Marken Lichtenbelt WD. Human whole body cold adaptation. *Temperature (Austin)*. 2016;3(1):104-118. doi: 10.1080/23328940.2015.1135688
 6. Young TK, Mäkinen TM. The health of Arctic populations: Does cold matter? *Am J Hum Biol*. 2010;22(1):129-133. doi: 10.1002/ajhb.20968
 7. Risikko T. *Safety, health and productivity of cold work. A management model, implementation and effects*. Doctoral thesis. Finland: Oulu University Press; 2009.
 8. Nifontova OL, Konkova KS, Nagovitsin AV. Anthropometric measurement of middle-school age children living in Northern territory. *American Scientific Journal*. 2017;15(1):33-36.
 9. Snodgrass JJ, Sorensen MV, Tarskaia LA, Leonard WR. Adaptive dimensions of health research among indigenous Siberians. *Am J Hum Biol*. 2007;19(2):165-180. doi: 10.1002/ajhb.20624
 10. Fedotova IV, Ashirova SA, Nekrasova MM, Bobokha MA. Subjective evaluation of working conditions and their influence upon health status done by drivers of cargo-and-passenger motor transport. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;10(295):27-30. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-295-10-27-30
 11. Akhtiamova LA, Sitdikova ID, Meshkov AV, Imamov AA, Ivanova MK, Fadeeva SA. Heath risk assessment of the population in a zone of influence of chemical production. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;9(306):43-48. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-306-9-43-48
 12. Di Iorio S, Magno A, Mancaruso E, Dal Bello L. Engine performance and emissions of a small diesel engine fueled with various diesel/RME blends. *SAE Technical Paper*. 2014;32:1-35.
 13. Ellingsen DG, Chashchin M, Berlinger B, Fedorov V, Chashchin V, Thomassen Y. Biological monitoring of welders' exposure to chromium, molybdenum, tungsten and vanadium. *J Trace Elem Med Biol*. 2017;41:99-106. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.03.002
 14. Olumayede EG, Edigbonya TF. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria. *Sci World J*. 2018;2018:6852165. doi: 10.1155/2018/6852165
 15. Salmanzadeh M, Saeedi M, Li LY, Nabi-Bidhendi Gh. Characterization and metals fractionation of street dust samples from Tehran, Iran. *Int J Environ Res*. 2015;9(1):213-224. doi: 10.22059/IJER.2015.891
 16. Stasenkov LN, Valko MV, Surapov MV. Driver's psychophysiological status at the international automobile transportations. *Bulletin of KGUSTA*. 2016;1(51):360-366. (In Russ.)
 17. Fedotova IV, Nekrasova MM, Polevaya SA, et al. Drivers' occupational stress. *Okhrana Truda i Tekhnika Bezopasnosti na Avtotransportnykh Predpriyatiyakh i v Transportnykh Tsekhakh*. 2016;7(7):48-56. (In Russ.)
 18. Skalny AV. *[Trace Elements]* 4 ed. Moscow: Fabrika Bloknotov Publ.; 2018. (In Russ.)
 19. Akarachkova ES, Gromova OA, Kotova OV. Tension headache and magnesium deficiency. *Stress pod Kontrolom*. 2017;1(1):41-47. (In Russ.) Accessed June 24, 2022. https://stressundercontrol.ru/assets/docs/stress_under_control_%E2%84%961.pdf
 20. Vasilenko AM, Sharipova MM. Deficiency of trace elements and the problem of comorbidity. *Mikroelementy v Meditsine*. 2019;20(1):4-12. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-4-12
 21. Gromova OA, Kalacheva AG, Torshin IYu, Grishina TR, Semenov VA. Diagnostics of magnesium deficiency and measurements of magnesium concentrations in biosubstrates in norm and in various pathologies. *Kardiologiya*. 2014;54(10):63-71. (In Russ.) doi: 10.18565/kardio.2014.10.63-71
 22. Korchina TY, Korchin VI, Maslakova AP. Concordance of element state disorders with stress level in ambulance crew workers. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018;2(2):26-30. (In Russ.)
 23. Chojnacka K, Michalak I, Zielińska A, Gyrecka H, Górecki H. Inter-relationship between elements in human hair: The effect of gender. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2010;73(8):2022-2028. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.09.004
 24. Momčilović B. On decoding the syntax of the human hair bioelement metabolism. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2017;18(2):54-55. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-54-55
 25. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
 26. Ekpenyong CE. Essential trace element and mineral deficiencies and cardiovascular diseases: facts and controversies. *Int J Nutr Food Sci*. 2017;6(2):53-64.
 27. Sendowski I. Magnesium therapy in acoustic trauma. *Magnes Res*. 2006;19(4):244-254.
 28. Skalnaya MG, Skalny AV. *Essential Trace Elements in Human Health: A Physician's View*. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2018.
 29. Hasnulin VI, Hasnulina AV. Psycho-emotional stress and meteorereaction as systemic manifestations of human disadaptation under changing climatic conditions in the North of Russia. *Ekologia Cheloveka [Human Ecology]*. 2012;8(8):3-7. (In Russ.)
 30. Kostarev VG, Tendryakova SYu, Vlasova EM, Ustinova OYu, Poroshina MM, Barg AO. Risk communication to health as a component of the risk-oriented model for the providing medical care to working population. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;2(311):4-8. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-4-8



Факторы патогенности *Vibrio vulnificus*. Обзор

О.А. Цырулина, О.С. Чемисова, А.К. Носков

ФКУЗ «Ростовский-на-Дону противочумный институт» Роспотребнадзора,
ул. Максима Горького, д. 117/40, г. Ростов-на-Дону, 344002, Российская Федерация

Резюме

Введение. *Vibrio vulnificus* – условно-патогенный микроорганизм, являющийся частью естественной флоры прибрежной морской среды. Употребление морепродуктов, содержащих *V. vulnificus*, может послужить причиной тяжелой, молниеносной системной инфекции у человека, которая, в свою очередь, может привести к сепсису у восприимчивых людей и к летальному исходу. Инфекции, обусловленные *V. vulnificus*, были зарегистрированы в различных климатических зонах по всему миру. Поэтому знание того, какие факторы способствуют патогенности этой бактерии в ее естественной среде обитания, может помочь при разработке новых методов профилактики, диагностики и лечения.

Цель исследования: Обобщить, систематизировать и дать обзорную характеристику факторов патогенности *V. vulnificus* на основании изучения источников литературы.

Материалы и методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения и анализа научных исследований на русском и английском языках, опубликованных в реферативных базах данных Scopus, PubMed, РИНЦ, информационных порталах за период 1976–2020 гг. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений по изучению факторов патогенности *V. vulnificus*. Было отобрано 60 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Результаты. В данном обзоре изложены последние достижения в области изучения детерминант, способствующих патогенности *V. vulnificus*, и рассмотрены их роли в патогенезе. Показано, что этот микроорганизм, как и большинство возбудителей, для возникновения инфекции требует скоординированной работы многих факторов патогенности. Большинство из них выполняют лишь вспомогательную функцию в патогенезе и служат главным образом для выживания в окружающей среде. Однако при отсутствии таких факторов патогенности, как цитотоксины VVH и MARTX, которые обуславливают некроз тканей в тонком кишечнике с последующей диссеминацией в кровотока и другие ткани, *V. vulnificus* не способен вызывать кишечную инфекцию.

Заключение. Понимание того, какие детерминанты вносят наибольший вклад в развитие инфекции, представляется исключительно важным при анализе штаммов, циркулирующих на территории страны, и оценке рисков развития заболеваний у человека при контакте с данным возбудителем.

Ключевые слова: *Vibrio vulnificus*, факторы патогенности, вирулентность, цитотоксин, гемолизин.

Для цитирования: Цырулина О.А., Чемисова О.С., Носков А.К. Факторы патогенности *Vibrio vulnificus*. Обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 59–65. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-59-65>

Сведения об авторах:

✉ Цырулина Оксана Алексеевна – к.б.н., старший научный сотрудник; e-mail: rykowskaya.oxana@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6176-2605>.

Чемисова Ольга Сергеевна – к.б.н., и. о. зав. лаборатории «Коллекция патогенных микроорганизмов»; e-mail: chemisova@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4059-2878>.

Носков Алексей Кимович – к.м.н., директор; e-mail: noskov-epid@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0550-2221>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Носков А.К.; сбор данных: Цырулина О.А., Чемисова О.С.; анализ и интерпретация результатов: Носков А.К.; подготовка рукописи: Цырулина О.А., Чемисова О.С. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 08.04.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Pathogenicity Factors of *Vibrio Vulnificus*: A Review

Oksana A. Tsyulina, Olga S. Chemisova, Aleksey K. Noskov

Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, 117/40 Maxim Gorky Street,
Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation

Summary

Introduction: *Vibrio vulnificus* is an opportunistic microorganism that is part of the natural flora of the coastal marine environment. Consumption of seafood containing *V. vulnificus* can result in a severe, lightning-fast systemic infection in humans, which can, in its turn, lead to sepsis and even death in susceptible people. Infections caused by *V. vulnificus* have been reported in various climate zones around the world. Thus, the understanding of factors contributing to pathogenicity of this bacterium in its natural habitat can help develop new methods of disease prevention, diagnosis and treatment.

Objective: To overview and systematize pathogenicity factors of *V. vulnificus* described in literary sources.

Materials and methods: We used data analysis techniques to review scientific studies published in Russian and English in such abstract and citation databases as Scopus, PubMed, Russian Science Citation Index, and on information portals in 1976–2020. The main selection criterion was availability of information on the study of pathogenicity factors of *V. vulnificus* in the papers. Sixty full-text publications meeting the above criteria were chosen.

Results: This review presents the latest achievements in the study of determinants contributing to the pathogenicity of *V. vulnificus* and examines their roles in pathogenesis. It has been shown that this microorganism, like most pathogens, requires coordinated work of many pathogenicity factors to cause infection. Most of them perform only an auxiliary function in pathogenesis and serve mainly for survival in the environment. However, in the absence of pathogenicity factors such as cytotoxins VVH and MARTX, which cause tissue necrosis in the small intestine with subsequent dissemination into the bloodstream and other tissues, *V. vulnificus* is unable to cause intestinal infection.

Conclusion: The understanding of the determinants contributing the most to the infection is extremely important when analyzing strains circulating in the country and assessing the risks of diseases in humans exposed to this pathogen.

Keywords: *Vibrio vulnificus*, pathogenicity factors, virulence, cytotoxin, hemolysin.

For citation: Tsyulina OA, Chemisova OS, Noskov AK. Pathogenicity factors of *Vibrio vulnificus*: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):59–65. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-59-65>

Author information:

✉ Oksana A. Tsyurulina, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: rykowskaya.oxana@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6176-2605>.

Olga S. Chemisova, Cand. Sci. (Biol.), Acting Head of the Laboratory “Collection of pathogenic microorganisms”, Rostov-on-Don Plague Control Research Institute; e-mail: chemisova@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4059-2878>.

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

Author contributions: study conception and design: Noskov A.K.; data collection: Tsyurulina O.A., Chemisova O.S.; analysis and interpretation of results: Noskov A.K.; draft manuscript preparation: Tsyurulina O.A., Chemisova O.S. 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: April 08, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. *Vibrio vulnificus* — грамотрицательные, подвижные, изогнутые, палочковидные, патогенные бактерии рода *Vibrio*. Впервые были выделены как источник болезни в 1976 г. в г. Атланта. Первоначально Центром по контролю и профилактике заболеваний США описаны как «галофильный вид вибрионов». В 1976 г. Джон Л. Райхельт обозначил *V. vulnificus* как новый патогенетический вид рода *Venezuela* [1]. Дальнейшие исследования привели в 1979 г. к переносу патогена в род *Vibrio* и предложению изменить название на *Vibrio vulnificus*, что является его нынешней номенклатурой [2].

Бактерии вида *V. vulnificus* являются возбудителями кишечных заболеваний, раневых инфекций и септицемий [3]. Тяжесть поражений, вызываемых *V. vulnificus*, зависит от степени вирулентности возбудителя и состояния организма хозяина. Раневые инфекции возникают через повреждения кожи, а кишечные инфекции — после употребления морепродуктов. Гастроэнтерит сопровождается рвотой, диарей, болью в животе и обычно развивается в течение 16 часов после употребления зараженной пищи. У многих развиваются характерные буллезные поражения кожи. *V. vulnificus* гораздо чаще попадает в кровоток у людей с ослабленным иммунитетом и хроническими заболеваниями, что приводит к серьезным последствиям, таким как септический шок, а иногда и смерть [4, 5].

Данные вибрионы также представляют угрозу для коммерческой аквакультуры, поскольку они являются патогенами рыб и ракообразных [6–8]. Некоторые беспозвоночные, в их числе креветки и устрицы, выращиваемые в коммерческих целях, подвержены риску заражения, что может привести к высокой смертности хозяйственных культур и экономическим потерям для промышленности, а также к заражению людей в случае употребления такой продукции [6].

V. vulnificus широко распространен в эстуарных, прибрежных морских водах и солоноватых прудах с температурой выше 13 °C.

Культуры были выделены из прибрежных районов вдоль Атлантического, Тихого океана и побережья Персидского залива США, Европы, Израиля, Австралии и нескольких стран Восточной Азии. Являясь наиболее частой причиной смерти, обусловленной употреблением морепродуктов, в Соединенных Штатах. *V. vulnificus* — эндемик юго-восточного побережья США. В США зарегистрировано более 900 случаев за период с 1998 по 2006 г. (свыше 100 случаев в год, 85 госпитализаций, 35 летальных исходов) [9, 10]. *V. vulnificus* широко распространен в Мексиканском заливе, где с 1990 г. от инфекции умерло более десятка человек. Исследователи из Пенсильвании

(Северо-Восток США) сообщили о возникновении 5 случаев некротического фасциита, вызванного *V. vulnificus*, за летние периоды 2017 и 2018 гг. Важно отметить, что за предшествующие 8 лет (период 2008–2016 гг.) диагностирован только один случай данной инфекции. Случаи этой инфекции в США отмечались в районе Чесапикского залива в Атлантическом океане, однако они были редкими в более северной и холодной части — заливе Делавэр.

Летом и осенью 1996 и 1997 гг. в Израиле произошла вспышка инвазивной инфекции *V. vulnificus* у людей, которые обрабатывали свежую цельную рыбу, купленную в искусственных рыбоводных прудах. При этом зарегистрировано 62 случая заболевания. Причиной вспышки стал новый штамм *V. vulnificus*, классифицированный как биотип 3 [11, 12].

В Японии в период с 1999 по 2003 г. в общей сложности зарегистрировано 93 случая заболевания, обусловленного *V. vulnificus*. Из них 68 случаев (72,3 %) были представлены септициемией, а смертность составила 75 %. Matsuoka (2013) и соавт. сообщили о 12 пациентах с некротическим фасциитом, 7 из которых оказались летальными. Причем все без исключения зараженные пациенты имели сопутствующие заболевания [13].

В 2003 г. в Германии зарегистрировано 52 случая заражения бактериями *V. vulnificus*, среди которых восемь человек погибло. Отмечались случаи заражения вибрионами на германском побережье Балтики — в 2010 г. умерли два человека. В 2014 г. был зафиксирован случай заражения мужчины *V. vulnificus* во время купания в Балтийском море с летальным исходом.

В Корее зарегистрировано 588 подтвержденных случаях инфекций, вызванных *V. vulnificus* с 2001 по 2010 г. Из всех зарегистрированных случаев 285 были смертельными, что составило 48,5 % [14]. Также в 2018 г. в Южной Корее выявлен случай инфицирования *V. vulnificus*, который закончился ампутацией руки пациента [15].

На территории России ежегодно такие вибрионы выделяют из проб морской воды на Черноморском побережье в гг. Новороссийске, Сочи, Ялте (Республика Крым), в Таганрогском заливе Азовского моря, а также из проб балластных вод судов, прибывающих в международные порты гг. Ростова, Таганрога и Азова из-за рубежа [16–18].

Исследователи отмечают, что аномалии климата, а в частности повышение температуры воды за последние десятилетия, создают благоприятные условия для обитания *V. vulnificus* в регионах, традиционно считавшихся очень холодными для роста и размножения этих микроорганизмов [19].

Штаммы *V. vulnificus* классифицируются на биотипы в зависимости от их биохимических характеристик. Штаммы, принадлежащие к биотипу 1, являются причиной многочисленных клинических случаев инфекций у людей, в то время как штаммы биотипа 2 являются в основном патогенами угрей [20]. Биотип 3, первоначально обнаруженный в Израиле в 1996 г., обладает биохимическими свойствами обоих биотипов 1 и 2 и вызывает раневую инфекцию человека [21]. Анализ, сравнивающий геномное сходство между тремя биотипами, показал, что биотип 3 является гибридом биотипов 1 и 2 [22].

Тяжесть заболевания, вызванного инфекцией *V. vulnificus*, инвазивный характер и ее быстротечное течение указывают на то, что патогенность этих бактерий является многофакторным и сложным явлением, которое включает в себя продукты многих генов. *V. vulnificus* экспрессирует множество клеточно-ассоциированных и секретируемых факторов, которые потенциально способствуют патогенности, хотя конкретные роли большинства из них трудно определить [23].

Поэтому для разработки более совершенных методов лечения и профилактики, а также для понимания молекулярного патогенеза многопланового взаимодействия хозяина и патогена *V. vulnificus* по-прежнему необходим обширный скрининг и характеристика большего числа факторов вирулентности.

Цель исследования — обобщить, систематизировать и дать обзорную характеристику факторов патогенности *V. vulnificus* на основании изучения источников литературы. Такая углубленная оценка вклада различных факторов в патогенез *V. vulnificus* может помочь в разработке новых методов диагностики, направленных на лечение и профилактику сепсиса у человека.

Материалы и методы. Использованы информационно-аналитические методы на основе обобщения и анализа научных исследований на русском и английском языках, опубликованных в реферативных базах данных Scopus, PubMed, РИНЦ, информационных порталах за период 1976–2020 гг. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений по изучению факторов патогенности *V. vulnificus*. Было отобрано 60 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Факторы патогенности *V. vulnificus*

Чтобы вызвать заражение человека, *V. vulnificus* должен сначала пережить негостеприимную среду в нашем организме и преодолеть наш иммунный ответ. Он способен достичь этого благодаря детерминантам, которые усиливают его вирулентность, придавая способность выживать в человеческом организме. Благодаря комплексному взаимодействию факторов патогенности, таких как капсула, мембранные белки, пили и жгутики, реализуются сложные механизмы, в результате которых происходит инвазия патогена в организм хозяина [23, 24].

1. Углеводная капсула

V. vulnificus имеет полисахаридную капсулу, которая способствует выживанию в организме человека. Она защищает от фагоцитоза и помогает бактериям избежать опсонизации. Неинкапсулированные изогенные мутанты *V. vulnificus* легко фагоцитируются иммунными

клетками хозяина [25]. Патогенность *V. vulnificus* напрямую связана с наличием капсульного полисахарида. Существует два типа колоний, образованных *V. vulnificus* на твердой питательной среде, а именно прозрачные и непрозрачные колонии. Прозрачные колонии *V. vulnificus* не образуют капсулы и не являются вирулентными для мышей, в то время как непрозрачные колонии — наоборот [26]. Модели на мышах показали, что неинкапсулированные формы авирулентны. Однако эти же самые штаммы, как было показано, имеют высокую предрасположенность к переходу в вирулентную капсулированную форму при попадании в организм гидробионтов [27].

В результате транспозонного мутагенеза инкапсулированного вирулентного штамма *V. vulnificus* 1003(О) исследователями Smith A.B. и Siebeling R.J. (2003) было идентифицировано четыре генетические области, которые необходимы для экспрессии и вирулентности капсульного полисахарида (CPS). Три являются частью капсульного генного локуса, состоящего из генов биосинтеза, полимеризации и транспорта, сгруппированных на одном хромосомном фрагменте. Четвертая интегроноподобная область аналогична области суперинтегрона *V. cholerae*. Она состоит из открытых рамок считывания (ORF), кодирующих гены, функция которых неизвестна. Было показано, что мутация в каждом из локусов делает штаммы авирулентными.

Гены *wcvA* (эпимеразы), *wcvF* (рамнозилтрансферазы), *wcvI* (гликозилтрансферазы) и *orf4* важны для биосинтеза капсулы. Шесть ORF были идентифицированы как участвующие в биосинтезе активированных предшественников моносахаридов. Эпимераза *wcvA* и дегидрогеназа *wcvB* были идентифицированы как проксимальные ORF одинаковой ориентации. Три гена *rml: rmlA*, *rmlD* и *rmlC* вовлечены в биосинтез L-рамнозы. И ген *wcvH* опосредует биосинтез активированных предшественников моносахаридов и гомологичен таковому у *Streptococcus pneumoniae*. Генами полимеризации и процессинга являются гликозилтрансфераза (*wecA*, *wcvE*, *wcvF*, *wcvG* и *wcvI*) и флиппаза (*wzx* и *wzy*). Эти гены, участвующие в сборке и транспорте повторяющихся моносахаров, как полагают, специфичны для серотипа [28].

2. Липополисахарид (эндотоксин)

Как и все граммотрицательные бактерии, *V. vulnificus* имеет липополисахарид (ЛПС) в качестве основного компонента его внешней мембраны. Одним из его наиболее известных биологических эффектов при взаимодействии с хозяином является его эндотоксическая активность. Считается, что некроз тканей и эндотоксический шок, вызываемый *V. vulnificus*, обусловлены присутствием липополисахарида. Прямое внутривенное введение ЛПС крысам и мышам приводит к резкому падению среднего артериального давления в течение 10 минут и быстрой смерти животного через 30–60 минут, что указывает на его роль в развитии симптомов заболевания и летальности [29].

У *V. vulnificus* ЛПС является известным пирогеном, который вызывает небольшой цитокиновый ответ у мышей и высвобождение ФНО-α (фактор некроза опухоли альфа). Таким образом, ЛПС *V. vulnificus*, главным образом из-за его

эндотоксичности, способствует патогенности этого микроорганизма [29–31].

3. Пили

Пили также являются важными детерминантами патогенности бактерий из-за их роли в прикреплении и колонизации ткани млекопитающего. Ранние исследования патогенеза *V. vulnificus* показали, что потеря способности к движению этих бактерий приводит как к отсутствию локализованного заболевания, так и гибели инфицированного животного [32].

Пили IV типа, характерные для *V. vulnificus*, важны не только для адгезии бактерий к поверхностям эукариотических клеток и патогенеза, но также для формирования биопленок на абиотических поверхностях. Пили *V. vulnificus* IV типа (*pilA*) имеют большую гомологию с пилиями IV типа группы А, экспрессируемыми многими патогенами, включая холерный вибрион (*pilA*), синегнойную палочку (*pilA*) и гидрофильную палочку (*tapA*). Исследования показали, что отсутствие *pilD*, препилипептидазы типа IV, приводит к потере всех поверхностных пилей и дефекту адгезии к эпителиальным клеткам человека. Выявлено присутствие *pilA* и *pilD* у штаммов *V. vulnificus*, выделенных из клинического материала и ООС, что свидетельствует об их существенной роли в экологии этого организма [33, 34].

4. Жгутик

Подвижность, опосредованная жгутиком, в дополнение к адгезии важна для реализации различных процессов, таких как образование биопленки и патогенез. Чтобы исследовать роль жгутиков в патогенезе *V. vulnificus*, Jones M.K. и соавт. (2009) были получены изогенные мутанты с инактивированными жгутиковыми генами (кодируемыми *flgC* и *flgE*). В результате это привело к значительному снижению подвижности, клеточной адгезии и цитотоксичности по сравнению с родительскими штаммами. Таким образом, потеря подвижности может привести не только к снижению адгезии, но и ингибированию доставки цитотоксинов. Это подтверждает гипотезу о том, что контакт с клетками-хозяевами необходим для секреции и активности токсина *V. vulnificus* [23].

5. Белки внешней мембраны

Два дополнительных белка OmpU и PrA также относят к предполагаемым факторам вирулентности *V. vulnificus*.

OmpU — это белок внешней мембраны, способный связываться с фибронектином. Мутация этого гена приводит к снижению связывания и сцепления с Her-2 клетками.

PrA — это мембраносвязанный белок, способный стимулировать иммунный ответ. Мутант по этому гену также показал снижение цитотоксичности после внутрибрюшинного введения мышам [35].

В то же время показано, что эти белки способствуют локальному повреждению, но не обуславливают летальность [23].

6. Экзотоксины и ферменты

6.1. Гемолизин *V. vulnificus*, кодируемый *vvhA*

Гемолизин *V. vulnificus* (VVH) — это порообразующий холестерин-зависимый цитолизин. Существуют две точки зрения в вопросе эффекта вирулентности VVH *in vivo*. Более ранние исследования показали, что нарушение в гене гемолизина *vvhA* не оказывает влияния на вирулентность

V. vulnificus и летальность у мышей [36]. Однако другие исследования подтвердили, что ген *vvhA* в значительной степени регулируется и экспрессируется *in vivo* и, вероятно, играет важную роль в патогенезе *V. vulnificus* [37]. VVH принадлежит к цитолитическому порообразующему семейству токсинов (PFTs), которые вызывают цитолиз в различных клетках млекопитающих. Гемолизин VVH вызывает гемолиз эритроцитов у многих видов млекопитающих, причем эритроциты человека являются наиболее восприимчивыми. Несмотря на то что он активен в отношении эритроцитов овец, лошадей, коров, кроликов и кур, количество VVH, необходимое для того, чтобы вызвать 50 % гемолиз в идентичных условиях, различается между видами. Это объясняется тем, что восприимчивость эритроцитов тесно связана со связывающей способностью VVH и стабильностью мембран эритроцитов [38].

Токсин вызывает нарушение жизненно важных функций организма, создающих опасность для жизни. В результате воздействия гемолизина может происходить накопление жидкости в просвете кишечника, приводящее к диарее, частичный паралич и некроз тканей [39]. Прямое исследование влияния гемолизина на клетки хозяина показало, что воздействие токсина увеличивает проницаемость сосудов, вызывает апоптоз эндотелиальных клеток, индукцию индуцибельной синтазы оксида азота, увеличение продукции оксида азота и рекрутирования нейтрофилов. Гибель клеток, вызванная гемолизином, происходит через образование пор в клеточной мембране, что в итоге приводит к сосудистой проницаемости и гипотензии [40].

Молекулярные методы идентификации *V. vulnificus*, такие как гибридизация колоний с ДНК-зондом, ПЦР, LAMP нацелены на детекцию гена *vvhA*, который, по-видимому, является уникальным для *V. vulnificus*, в связи с чем считается надежной видоспецифической мишенью [41].

6.2. Токсин RTX

Другой цитотоксин RTX является мощным многофункциональным цитотоксическим фактором вирулентности *V. vulnificus* [42].

Токсины RTX, содержащие тандемный нонапептидный повтор около N-конца [43], продуцируются многими грамотрицательными бактериями [44]. Большинство из них вызывают лизис клеток, нарушая целостность клеточной мембраны. Среди представителей рода *Vibrio* RTX (MARTX) был впервые обнаружен у *V. cholerae* [45].

Высокомолекулярный цитотоксин MARTX (multifunctional autoprocessing repeats-in-toxin), кодируемый геном *rtxA* в составе RTX-кластера, является одним из факторов патогенности холерных вибрионов, обездвигивающим макрофаги и способствующим колонизации кишечника [46]. Производство и секреция токсина RTX RtxA1 у *V. vulnificus* выполняются генами в двух разных оперонах, *rtxC-rtxA1* и *rtxB-rtxD-rtxE*, которых отличает высокая гомология нуклеотидной последовательности и генной организации от таковых у *V. cholerae*. Однако в отличие от *V. cholerae* RTX *V. vulnificus* образует поры на мембране клетки-хозяина и вызывает лизис клеток (индуцируя апоптотическую гибель эпителиальных клеток человека), инвазию и летальность мышей. Этот токсин также может вызывать выработку активных форм кислорода и приводить к гибели клеток

хозяина через активацию NAD(P)H оксидазы 1 (nox1) [47]. Экспрессия *rtxA1* индуцируется после контакта с клетками хозяина как *in vitro* [48], так и *in vivo* [49]. Также этот цитотоксин способствует выживанию микроорганизмов вида *V. vulnificus* в очаге инфекции путем защиты бактерий от фагоцитоза [50].

6.3. Металлопротеиназа VvpE

V. vulnificus продуцирует металлопротеиназу (VvpE), которая, как подозревают, является детерминантой вирулентности. Очищенная металлопротеиназа вызывает геморрагическое повреждение и дермонекроз, увеличивает проницаемость сосудов и отек, а также смертельна для мышей [23].

V. vulnificus при попадании в организм человека встречает одновременные изменения факторов окружающей среды, включая температуру, осмолярность, уровни железа и кислорода. И известно, что большинство из этих факторов окружающей среды влияют на экспрессию гена *vvpE*.

Были исследованы взаимодействия VVP, а также его производного (PEG1-VVP), модифицированного полиэтиленгликолем, с различными белками плазмы крови человека в присутствии альфа-макроглобулина, единственного ингибитора нативного VVP в плазме крови.

Было показано, что VVP и PEG1-VVP разрушают ингибиторы протеиназ плазмы, включая ингибитор альфа-1-протеиназы, основной ингибитор в плазме человека. Поскольку эндогенные протеолитические ферменты и их ингибиторы необходимы для поддержания физиологического гомеостаза, эти результаты свидетельствуют о том, что VVP (и PEG1-VVP) могут вызывать дисбаланс систем ингибиторов протеиназы плазмы человека, тем самым вызывая иммунокомпрометированное состояние у хозяина и способствуя развитию системной инфекции *V. vulnificus*, такой как септицемия [51].

В дальнейшем Morris J.G. и соавт. было показано, что продукция *vvpE* характерна как для вирулентных, так и авирулентных штаммов *V. vulnificus*, что указывает на то, что этот фермент может и не влиять на летальность [52]. Мутационный анализ *vvpE* подтвердил эту гипотезу. При этом мутантный штамм не отличался от родительского при местных или системных инфекциях. В результате этих открытий были исследованы другие функции *vvpE* кроме разрушения ткани. Сообщается, что *vvpE* может способствовать расщеплению гемсодержащих белков, тем самым высвобождая железо для использования сидерофорами, но дальнейшие исследования показали, что это, вероятно, не так. Однако наличие железа необходимо для эффективной транскрипции *vvpE*. В целом исследования активности и действия *vvpE* указывают на то, что металлопротеиназа не является основным фактором вирулентности *V. vulnificus* [23].

6.4. Фосфолипаза

Фосфолипазы, липолитические ферменты, гидролизующие один или несколько сложноэфирных связей в фосфолипидах, обнаружены у различных бактериальных патогенов. Эти ферменты играют важную роль в патогенезе бактерий. Фосфолипазы классифицируются на четыре основные группы (A – D) в зависимости от места их действия на фосфолипид. Среди них фосфолипаза A (PLA) способна гидролизовать жирную кислоту из основной цепи глицерина и подразделяется на

PLA1 и PLA2, каждый из которых гидролизует жирную кислоту из sn-1 и -2 положения глицеринового фрагмента соответственно. Соответственно, PLA считается фактором вирулентности бактерий, разрушающим фосфолипидную мембрану, что, в свою очередь, приводит к лизису эпителиальных клеток человека. В дополнение продукты, образующиеся в результате лизиса эпителиальных клеток, такие как лизофосфатидилхолин, могут в дальнейшем действовать как вторичные мессенджеры, которые вызывают апоптотическую гибель эндотелиальных клеток человека [53].

У *V. vulnificus* фосфолипазу кодирует ген *vvPlpA*. Многие исследования показали, что *vvPlpA* является фактором вирулентности, вызывающим лизис и некротическую смерть эпителиальных клеток. *VvPlpA* представляет собой секреторную фосфолипазу A2, зависимую от системы секреции типа II, регулируемую *hlyU* и *CRP*, и она обуславливает патогенность *V. vulnificus* [54].

7. Система приобретения связанного железа

Железо является важнейшим макроэлементом микроорганизмов, действуя как переносчик электронов и кофактор синтеза ДНК и РНК. Окисленная форма железа нерастворима, а восстановленная форма высокотоксична для большинства макромолекул и в биологических системах, как правило, связана с железо- и гемсодержащими белками. Таким образом, на Земле практически нет свободного железа, доступного для бактерий, независимо от того, какой биотоп они населяют. Бактерии располагают несколькими системами приобретения железа. Эти системы используют один из двух механизмов. Первый предполагает прямой контакт между бактерией и экзогенными источниками железа/гема. Второй механизм реализуется посредством синтеза молекул (сидерофоров и гемофоров) и высвобождения их в окружающую среду. Данные молекулы извлекают железо или гем из разных источников [55].

Рост *V. vulnificus* зависит от количества доступного железа. Наблюдаемая взаимосвязь инфекции с заболеванием печени (связанная с повышенным содержанием железа в сыворотке) может быть обусловлена способностью более вирулентных штаммов захватывать железо. *V. vulnificus* обладает двумя неспецифическими для хозяина системами поглощения железа, участвующими в реализации патогенетического потенциала. Одна система опосредована сидерофором и его рецептором *VuuA*, а другая основана на секретироме гемофора и его родственном рецепторе внешней мембраны *HupA*.

Примечательно, что был описан второй гем-рецептор *HutR*, но он, как доказано, не вовлекается в реализацию патогенеза. Интересно, что инактивация систем поглощения железа посредством мутаций в генах, кодирующих рецепторы *VuuA* и *HupA*, полностью устраняет вирулентность для мышей, но не вирулентность для угрей. Предполагается существование третьей, вероятно, специфической для хозяина системы захвата железа у угрей. Кроме того, ген-кандидат для этой третьей системы, *ver20*, был идентифицирован с использованием FURTA (анализ титрования железа) в *pVvBt2*-плазмиде, путем приобретения которой, как недавно было показано, формируются вирулентные для рыб штаммы *V. vulnificus*, относящиеся ко второму биотипу [56].

8. Другие факторы патогенности

Также к дополнительным факторам патогенности *V. vulnificus* относят комплекс ферментов, таких как эластаза, коллагеназа, муциназа, ДНК-аза.

Удивительно, но секвенирование *V. vulnificus* штамма МО6-24/О, выделенного от больного с сепсисом, показало, что этот штамм обладает генным кластером, содержащим гены *ace* и *zot*, подобные *V. cholerae* [57].

Токсин Ace представляет собой интегральный мембранный белок, состоящий из 96 аминокислот. Механизм действия Ace заключается во встраивании гидрофобной α -спирали в мембрану энтероцита и формировании ион-проницаемой поры, вследствие чего жидкость с ионами поступает обратно в просвет кишечника, вызывая диарею [58].

Токсин Zot представляет собой энтеротоксин, локализованный на внешней бактериальной мембране [59]. Механизм действия Zot состоит в усилении проницаемости тканей вследствие разрушения межклеточных плотных контактов, обеспечивающего более свободный доступ других токсинов к клеточной мембране [60].

Заключение. Риск желудочно-кишечных инфекций, обусловленных различными видами вибрионов, растет во всем мире в результате глобального потепления. А широкое распространение патогена *V. vulnificus* подчеркивает важность и необходимость понимания его многочисленных факторов патогенности и их влияния на организм хозяина. Анализ данных литературы свидетельствует о том, что вирулентность *V. vulnificus* является многофакторной. Несмотря на то что достигнут большой прогресс в изучении и расшифровке механизмов вирулентности и уже известен широкий набор факторов патогенности, до сих пор идут работы по поиску специфических генетических маркеров для дифференцировки вирулентных и авирулентных штаммов *V. vulnificus*.

Характеристика соматических, а также секретируемых продуктов *V. vulnificus* дает большой список предполагаемых факторов вирулентности, из которых только некоторые подтверждены как вносящие вклад в патогенность возбудителя.

При сравнении описанных детерминант относительно друг друга можно сделать вывод, что каждый из них вносит свой вклад в патогенность *V. vulnificus*.

Однако на основании изучения публикаций по данной тематике следует отметить, что в отсутствие двух секретируемых факторов патогенности — цитотоксинов VVH и MARTX, которые связаны как с усиленным ростом *in vivo*, так и с некрозом тканей в тонкой кишке с последующей диссеминацией в кровотока и другие ткани, *V. vulnificus* не способен вызывать кишечную инфекцию. Это свидетельствует о том, что данные детерминанты вносят наибольший вклад в развитие инфекции и могут служить целевыми маркерами при анализе штаммов, циркулирующих на территории страны, и оценке рисков развития заболеваний у человека при контакте с возбудителем.

Список литературы / References

1. Reichelt JL, Baumann P, Baumann L. Study of genetic relationships among marine species of the genera *Beneckea* and *Photobacterium* by means of in vitro DNA/DNA hybridization. *Arch Microbiol.* 1976;110(1):101-120. doi: 10.1007/BF00416975

2. Farmer JJ 3rd. *Vibrio* („Beneckea“) *vulnificus*, the bacterium associated with sepsis, septicemia, and the sea. *Lancet.* 1979;2(8148):903. doi: 10.1016/s0140-6736(79)92715-6
3. Hollis DG, Weaver RE, Baker CN, Thornberry C. Halophilic *Vibrio* species isolated from blood cultures. *J Clin Microbiol.* 1976;3(4):425-431. doi: 10.1128/jcm.3.4.425-431.1976
4. Gulig PA, Bourdage KL, Starks AM. Molecular pathogenesis of *Vibrio vulnificus*. *J Microbiol.* 2005;43(Spec No):118-131.
5. Linkous DA, Oliver JD. Pathogenesis of *Vibrio vulnificus*. *FEMS Microbiol Lett.* 1999;174(2):207-214. doi: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13570.x
6. Molina-Aja A, Garcia-Gasca A, Abreu-Grobois A, Bolán-Mejia C, Roque A, Gomez-Gil B. Plasmid profiling and antibiotic resistance of *Vibrio* strains isolated from cultured penaeid shrimp. *FEMS Microbiol Lett.* 2002;213(1):7-12. doi: 10.1111/j.1574-6968.2002.tb11278.x
7. Horsemann MA, Surani S. A comprehensive review of *Vibrio vulnificus*: an important cause of severe sepsis and skin and soft-tissue infection. *Int J Infect Dis.* 2011;15(3):e157-e166. doi: 10.1016/j.ijid.2010.11.003
8. Kitiyodom S, Khemtong S, Wongtavatchai J, Chuanchuen R. Characterization of antibiotic resistance in *Vibrio* spp. isolated from farmed marine shrimps (*Penaeus monodon*). *FEMS Microbiol Ecol.* 2010;72(2):219-227. doi: 10.1111/j.1574-6941.2010.00846.x
9. Oliver JD. *Vibrio vulnificus*. In: Belkin S, Colwell RR, eds. *Oceans and Health: Pathogens in the Marine Environment.* 2005:253-276. doi: 10.1007/b102184
10. Oshima Y, Tanimoto T, Yuji K. *Vibrio vulnificus* infections from a previously nonendemic area. *Ann Intern Med.* 2020;172(5):367. doi: 10.7326/L19-0757
11. Bisharat N, Agmon V, Finkelstein R, et al. Clinical, epidemiological, and microbiological features of *Vibrio vulnificus* biogroup 3 causing outbreaks of wound infection and bacteraemia in Israel. Israel *Vibrio* Study Group. *Lancet.* 1999;354(9):1421-1424. doi: 10.1016/s0140-6736(99)02471-x
12. Zaidenstein R, Sadik C, Lerner L, et al. Clinical characteristics and molecular subtyping of *Vibrio vulnificus* illnesses, Israel. *Emerg Infect Dis.* 2008;14(12):1875-1882. doi: 10.3201/eid1412.080499
13. Matsuoka Y, Nakayama Y, Yamada T, et al. Accurate diagnosis and treatment of *Vibrio vulnificus* infection: a retrospective study of 12 cases. *Braz J Infect Dis.* 2013;17(1):7-12. doi: 10.1016/j.bjid.2012.07.017
14. Lee HJ, Kim JA, Lee MA, Park SJ, Lee KH. Regulation of haemolysin (*VvhA*) production by ferric uptake regulator (*Fur*) in *Vibrio vulnificus*: Repression of *vvhA* transcription by *Fur* and Proteolysis of *VvhA* by *Fur*-repressive exoproteases. *Mol Microbiol.* 2013;88(4):813-826. doi: 10.1111/mmi.12224
15. Park J, Lee CS. *Vibrio vulnificus* infection. *N Eng J Med.* 2018;379(4):375. doi: 10.1056/NEJMc1716464
16. Гальцева Г.В., Зайденов А.М., Брудный Р.А., Левкович А.А., Нагорный С.И. Вибриофлора водных объектов рекреационных зон черноморского побережья и ее роль в патологии человека. *Микробиология, эпидемиология и иммунология.* 1994. № 6. С. 48-50.
16. Galtseva GV, Zaidenov AM, Brudny RA, Levkovich AA, Nagorny SI. [Vibrio flora of water bodies of recreational zones of the Black Sea coast and its role in human pathology.] *Mikrobiologiya, Epidemiologiya i Immunologiya.* 1994;(6):48-50. (In Russ.)
17. Смоликова Л.М., Ломов Ю.М., Хоменко Т.В. и др. Галофильные вибрионы, обусловившие вспышку пищевой токсикоинфекции во Владивостоке. *Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол.* 2001. № 6. С. 3-7.
17. Smolikova LM, Lomov YM, Khomenko TV, et al. [Halophilic vibrios that caused the outbreak of a food-borne intoxication in Vladivostok.] *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2001;(6):3-7. (In Russ.)
18. Чемисова О.С., Рыковская О.А., Даликова Р.Р. и др. Характеристика штаммов *Vibrio parahaemolyticus* и других галофильных вибрионов, выделенных из балластных вод судов, прибывающих в международные порты Ростовской области // *Здоровье населения и среда обитания.* 2014. № 7 (256). С. 42-45.
18. Chemisova OS, Rykovskaya OA, Dalikova RR, et al. Characterization of *Vibrio* human pathogens isolated from ballast waters of ships arriving to Rostov region international ports. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2014;(7(256)):42-45. (In Russ.)

19. Baker-Austin C, Trinanes J, Gonzalez-Escalona N, Martinez-Urtaza J. Non-cholera vibrios: the microbial barometer of climate change. *Trends Microbiol.* 2017;25(1):76–84. doi: 10.1016/j.tim.2016.09.008
20. Amaro C, Biosca EG. *Vibrio vulnificus* biotype 2, pathogenic for eels, is also an opportunistic pathogen for humans. *Appl Environ Microbiol.* 1996;62(4):1454–1457. doi: 10.1128/aem.62.4.1454-1457.1996
21. Colodner R, Raz R, Meir I, et al. Identification of the emerging pathogen *Vibrio vulnificus* biotype 3 by commercially available phenotypic methods. *J Clin Microbiol.* 2004;42(9):4137–4140. doi: 10.1128/JCM.42.9.4137-4140.2004
22. Bisharat N, Cohen DI, Harding RM, et al. Hybrid *Vibrio vulnificus*. *Emerg Infect Dis.* 2005;11(1):30–35. doi: 10.3201/eid1101.040440
23. Jones MK, Oliver JD. *Vibrio vulnificus*: disease and pathogenesis. *Infect Immun.* 2009;77(5):1723–1733. doi: 10.1128/IAI.01046-08
24. Goo SY, Lee HJ, Kim WH, et al. Identification of OmpU of *Vibrio vulnificus* as a fibronectin-binding protein and its role in bacterial pathogenesis. *Infect Immun.* 2006;74(10):5586–5594. doi: 10.1128/IAI.00171-06
25. Yoshida S, Ogawa M, Mizuguchi Y. Relation of capsular materials and colony opacity to virulence of *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun.* 1985;47(2):446–451. doi: 10.1128/IAI.47.2.446-451.1985
26. Li G, Wang MY. The role of *Vibrio vulnificus* virulence factors and regulators in its infection-induced sepsis. *Folia Microbiol (Praha).* 2020;65(2):265–274. doi: 10.1007/s12223-019-00763-7
27. Wright AC, Simpson LM, Oliver JD, Morris JG Jr. Phenotypic evaluation of acapsular transposon mutants of *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun.* 1990;58(6):1769–1773. doi: 10.1128/iai.58.6.1769-1773.1990
28. Smith AB, Siebeling RJ. Identification of genetic loci required for capsular expression in *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun.* 2003;71(3):1091–1097. doi: 10.1128/IAI.71.3.1091-1097.2003
29. McPherson VL, Watts JA, Simpson LM, Oliver JD. Physiological effects of the lipopolysaccharide of *Vibrio vulnificus* on mice and rats. *Microbios.* 1991;67(272-273):141–149.
30. Biosca EG, Collado RM, Oliver JD, Amaro C. Comparative study of biological properties and electrophoretic characteristics of lipopolysaccharide from eel-virulent and eel-A virulent *Vibrio vulnificus* strains. *Appl Environ Microbiol.* 1999;65(2):856–858. doi: 10.1128/AEM.65.2.856-858.1999
31. Bahrani K, Oliver JD. Studies on the lipopolysaccharide of a virulent and an avirulent strain of *Vibrio vulnificus*. *Biochem Cell Biol.* 1990;68(2):547–551. doi: 10.1139/o90-078
32. Bowdre JH, Poole MD, Oliver JD. Edema and hemocoagulation in mice experimentally infected with *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun.* 1981;32(3):1193–1199. doi: 10.1128/iai.32.3.1193-1199.1981
33. Paranjpye RN, Johnson AB, Baxter AE, Strom MS. Role of type IV pilins in persistence of *Vibrio vulnificus* in *Crassostrea virginica* oysters. *Appl Environ Microbiol.* 2007;73(15):5041–5044. doi: 10.1128/AEM.00641-07
34. Paranjpye RN, Strom MS. A *Vibrio vulnificus* type IV pilin contributes to biofilm formation, adherence to epithelial cells, and virulence. *Infect Immun.* 2005;73(3):1411–1422. doi: 10.1128/IAI.73.3.1411-1422.2005
35. Goo SY, Han YS, Kim WH, Lee KH, Park SJ. *Vibrio vulnificus* IlpA-induced cytokine production is mediated by Toll-like receptor 2. *J Biol Chem.* 2007;282(38):27647–27658. doi: 10.1074/jbc.M701876200
36. Elgaml A, Miyoshi SI. Regulation systems of protease and hemolysin production in *Vibrio vulnificus*. *Microbiol Immunol.* 2017;61(1):1–11. doi: 10.1111/1348-0421.12465
37. Lee SE, Ryu PY, Kim SY, et al. Production of *Vibrio vulnificus* hemolysin in vivo and its pathogenic significance. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004;324(1):86–91. doi: 10.1016/j.bbrc.2004.09.020
38. Yamanaka H, Shimatani S, Tanaka M, Katsu T, Ono B, Shinoda S. Susceptibility of erythrocytes from several animal species to *Vibrio vulnificus* hemolysin. *FEMS Microbiol Lett.* 1989;52(3):251–255. doi: 10.1016/0378-1097(89)90206-1
39. Kim HR, Rho HW, Jeong MH, et al. Hemolytic mechanism of cytotoxicity produced from *V. vulnificus*. *Life Sci.* 1993;53(7):571–577. doi: 10.1016/0024-3205(93)90714-e
40. Yuan Y, Feng Z, Wang J. *Vibrio vulnificus* hemolysin: biological activity, regulation of vvhA expression, and role in pathogenesis. *Front Immunol.* 2020;11:599439. doi: 10.3389/fimmu.2020.599439
41. Zhang L, Wang M, Cong D, et al. Rapid, specific and sensitive detection of *Vibrio vulnificus* by loop-mediated isothermal amplification targeted to vvhA gene. *Acta Oceanologica Sinica.* 2018;37(4):83–88. doi: 10.1007/s13131-018-1182-8
42. Lee JH, Kim MW, Kim BS, et al. Identification and characterization of the *Vibrio vulnificus* rtxA essential for cytotoxicity in vitro and virulence in mice. *J Microbiol.* 2007;45(2):146–152.
43. Lally ET, Hill RB, Kieba IR, Korostoff J. The interaction between RTX toxins and target cells. *Trends Microbiol.* 1999;7(9):356–361. doi: 10.1016/s0966-842x(99)01530-9
44. Menestrina G, Moser C, Pellet S, Welch R. Pore-formation by *Escherichia coli* hemolysin (HlyA) and other members of the RTX toxins family. *Toxicology.* 1994;87(1–3):249–267. doi: 10.1016/0300-483X(94)90254-2
45. Lin W, Fullner KJ, Clayton R, et al. Identification of a *Vibrio cholerae* RTX toxin gene cluster that is tightly linked to the cholera toxin prophage. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1999;96(3):1071–1076. doi: 10.1073/pnas.96.3.1071
46. Dolores J, Satchell KJF. Analysis of *Vibrio cholerae* genome sequences reveals unique rtxA variants in environmental strains and an rtxA-null mutation in recent altered El Tor isolates. *mBio.* 2013;4(2):e00624. doi: 10.1128/mBio.00624-12
47. Kim BS, Gavin HE, Satchell KJF. Variable virulence of biotype 3 *Vibrio vulnificus* due to MARTX toxin effector domain composition. *mSphere.* 2017;2(4):e00272–e00317. doi: 10.1128/mSphereDirect.00272-17
48. Kim YR, Lee SE, Kook H, et al. *Vibrio vulnificus* RTX toxin kills host cells only after contact of the bacteria with host cells. *Cell Microbiol.* 2008;10(4):848–862. doi: 10.1111/j.1462-5822.2007.01088.x
49. Chung KJ, Cho EJ, Kim MK, et al. RtxA1-induced expression of the small GTPase Rac2 plays a key role in the pathogenicity of *Vibrio vulnificus*. *J Infect Dis.* 2010;201(1):97–105. doi: 10.1086/648612
50. Lo HR, Lin JH, Chen YH, et al. RTX toxin enhances the survival of *Vibrio vulnificus* during infection by protecting the organism from phagocytosis. *J Infect Dis.* 2011;203(12):1866–1874. doi: 10.1093/infdis/jir070
51. Miyoshi S, Narukawa H, Tomochika K, Shinoda S. Actions of *Vibrio vulnificus* metalloprotease on human plasma proteinase–proteinase inhibitor systems: a comparative study of native protease with its derivative modified by polyethylene glycol. *Microbiol Immunol.* 1995;39(12):959–966. doi: 10.1111/j.1348-0421.1995.tb03299.x
52. Morris JG Jr, Wright AC, Simpson LM, Wood PK, Johnson DE, Oliver JD. Virulence of *Vibrio vulnificus*: association with utilization of transferrin-bound iron, and lack or correlation with levels of cytotoxin or protease production. *FEMS Microbiol Lett.* 1987;40(1):55–59.
53. Schmiel DH, Miller VL. Bacterial phospholipases and pathogenesis. *Microbes Infect.* 1999;1(13):1103–1112. doi: 10.1016/s1286-4579(99)00205-1
54. Jang KK, Lee ZW, Kim B, et al. Identification and characterization of *Vibrio vulnificus* plpA encoding a phospholipase A2 essential for pathogenesis. *J Biol Chem.* 2017;292(41):17129–17143. doi: 10.1074/jbc.M117.791657
55. Wandersman C, Delepelaire P. Bacterial iron sources: from siderophores to hemophores. *Annu Rev Microbiol.* 2004;58:611–647. doi: 10.1146/annurev-micro.58.030603.123811
56. Pajuelo D, Lee CT, Roig FJ, Lemos ML, Hor LI, Amaro C. Host-nonspecific iron acquisition systems and virulence in the zoonotic serovar of *Vibrio vulnificus*. *Infect Immun.* 2014;82(2):731–744. doi: 10.1128/IAI.01117-13
57. Chatterjee T, Mukherjee D, Dey S, Pal A, Hoque KM, Chakrabarti P. Accessory cholera enterotoxin, Ace, from *Vibrio cholerae*: structure, unfolding, and virstatin binding. *Biochemistry.* 2011;50(14):2962–2972. doi: 10.1021/bi101673x
58. Pérez-Reytor D, Jaña V, Pavez L, Navarrete P, García K. Accessory toxins of *Vibrio* pathogens and their role in epithelial disruption during infection. *Front Microbiol.* 2018;9:2248. doi: 10.3389/fmicb.2018.02248
59. Fasano A, Uzzau S, Fiore C, Margaretten K. The enterotoxin effect of zonula occludens toxin on rabbit small intestine involves the paracellular pathway. *Gastroenterology.* 1997;112(3):839–846. doi: 10.1053/gast.1997.v112.pm9041245
60. Di Pierro M, Lu R, Uzzau S, et al. Zonula occludens toxin structure – function analysis. Identification of the fragment biologically active on tight junctions and of the zonulin receptor binding domain. *J Biol Chem.* 2001;276(22):19160–19165. doi: 10.1074/jbc.M009674200

© Коллектив авторов, 2022

УДК 577.21:616.9:579.842.14 (470.63)

**Генетическое профилирование штаммов *Salmonella enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края в 2016–2019 гг.**Е.В. Чекрыгина¹, О.В. Васильева², А.С. Волынкина², Ю.А. Алехина², А.Н. Куличенко²¹ ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Мира, д. 310, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация² ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора, ул. Советская, д. 13–15, г. Ставрополь, 355035, Российская Федерация**Резюме**

Введение. В Ставропольском крае наиболее частым этиологическим агентом сальмонеллезов у людей является *S. enteritidis*, что соответствует общемировой тенденции. В связи с этим определение серовара дает мало информации в ходе эпидемиологического расследования и обуславливает необходимость субвидового типирования изолятов *S. enteritidis*.

Цель исследования: провести MLVA-типирование штаммов *S. enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края в 2016–2019 гг., проанализировать генетическую структуру популяции сальмонелл в регионе.

Материалы и методы. Исследовано 122 штамма *S. enteritidis*, изолированных в 2016–2019 гг. из проб испражнений больных острыми кишечными инфекциями в Ставропольском крае (г. Ставрополь и регион Кавказских Минеральных Вод (КМВ)). MLVA-типирование осуществляли по 5 вариабельным локусам. Размер амплифицированных локусов определяли методом капиллярного электрофореза.

Результаты. Исследуемые штаммы отличались высокой генетической гетерогенностью и относились к 25 MLVA-генотипам. На территории г. Ставрополя выявлены штаммы *S. enteritidis* принадлежащие к 24 MLVA-типам. Доминирующим геновариантом в г. Ставрополе являлся 3-10-5-4-1, к которому относилось 40 штаммов сальмонелл (44,4 %), выделенных в 2016–2019 гг. В отдельные годы возрастал удельный вес других геновариантов. В регионе КМВ были выделены штаммы, относящиеся к 7 MLVA-генотипам, большинство выделенных культур принадлежало к генотипу 3-10-5-4-1. В регионе КМВ ежегодно отмечалась смена доминирующего варианта *S. enteritidis*. Доминирующие на территории края MLVA-типы широко распространены в мире и обладают значительным эпидемическим потенциалом.

Заключение. Получены новые данные о MLVA-генотипах *S. enteritidis*, встречающихся на территории Ставропольского края (г. Ставрополь и регион КМВ). Определены доминирующие в регионе геноварианты, отмечены различия в соотношении циркулирующих MLVA-генотипов *S. enteritidis* в 2016–2019 гг., это определяет необходимость молекулярно-генетического мониторинга для оценки динамических изменений генетической структуры популяции сальмонелл в режиме реального времени. Полученные в результате работы данные могут быть использованы при эпидемиологическом анализе возможных случаев (вспышек) сальмонеллеза для определения источника и путей распространения инфекции.

Ключевые слова: генетическое профилирование, MLVA-типирование, *S. enteritidis*, геноварианты, Ставропольский край.

Для цитирования: Чекрыгина Е.В., Васильева О.В., Волынкина А.С., Алехина Ю.А., Куличенко А.Н. Генетическое профилирование штаммов *Salmonella enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края в 2016–2019 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 66–71. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-66-71>

Сведения об авторах:

Чекрыгина Елена Владимировна – ассистент кафедры микробиологии ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: Chekrygina-e@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1893-6195>.

✉ **Васильева** Оксана Васильевна – к.м.н., заведующая лабораторией диагностики бактериальных инфекций ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: ksusha.vasilyeva@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8882-6477>.

Волынкина Анна Сергеевна – к.б.н., заведующая лабораторией диагностики вирусных инфекций ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: volyn444@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5554-5882>.

Алехина Юлия Александровна – врач КЛД лаборатории диагностики бактериальных инфекций ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: stavnipchi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5651-4498>.

Куличенко Александр Николаевич – д.м.н., профессор, директор ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора; e-mail: stavnipchi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Чекрыгина Е.В., Васильева О.В., Волынкина А.С.; сбор данных: Чекрыгина Е.В., Алехина Ю.А.; анализ и интерпретация результатов: Васильева О.В., Волынкина А.С.; литературный обзор: Чекрыгина Е.В., Алехина Ю.А.; подготовка рукописи: Васильева О.В., Волынкина А.С., Куличенко А.Н. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.05.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Genetic Profiling of *Salmonella enteritidis* Strains Isolated in the Stavropol Region in 2016–2019Elena V. Chekrygina,¹ Oksana V. Vasilyeva,² Anna S. Volynkina,² Yulia A. Alekhina,² Alexandr N. Kulichenko²¹ Stavropol State Medical University, 310 Mira Street, 355017, Stavropol, Russian Federation² Stavropol Research Anti-Plague Institute, 13–15 Sovetskaya Street, Stavropol, 355035, Russian Federation**Summary**

Introduction: *Salmonella enteritidis* is the most common etiologic agent of salmonellosis in humans in the Stavropol Region, which is in line with the global trend. In this regard, the definition of a serovar provides little information in the course of an epidemiological investigation and necessitates subspecific typing of *S. enteritidis* isolates.

Objective: MLVA typing of *S. enteritidis* strains isolated in the Stavropol Region in 2016–2019 and the analysis of the genetic structure of the local *Salmonella* population.

Materials and methods: We studied 122 strains of *S. enteritidis* isolated in 2016–2019 from stool samples of patients with acute intestinal infections in the city of Stavropol and the Caucasian Mineral Waters (CMW) of the Stavropol Region. Multi Locus Variable Number Tandem Repeat (MLVA) typing was performed based on five variable loci. The size of amplified loci was determined by capillary electrophoresis.

Results: The studied strains were distinguished by high genetic heterogeneity and belonged to 25 MLVA genotypes. *S. enteritidis* strains belonging to 24 MLVA types were identified on the territory of Stavropol. The dominant genetic variant in the city was 3-10-5-4-1, which included 40 *Salmonella* strains (44.4%) isolated in 2016–2019. In some years, the proportion of other genetic variants increased. In the CMW area, strains belonging to seven MLVA genotypes were isolated, most of which belonged to the profile 3-10-5-4-1, while a change in the dominant variant of *S. Enteritidis* was registered annually. Prevalent regional MLVA types are widespread in the world and have a significant epidemic potential.

Conclusions: We obtained new data on *S. enteritidis* MLVA genotypes in the Stavropol Region, established dominant genetic variants, and noted differences in the ratio of circulating MLVA genotypes of *S. enteritidis* in 2016–2019. Our findings necessitate constant molecular genetic monitoring to assess real-time dynamic changes in the genetic structure of the *Salmonella* population. They can also be used in investigations of possible cases (outbreaks) of salmonellosis to determine their source and routes of transmission.

Keywords: genetic profiling, MLVA typing, *S. enteritidis*, genetic variants, Stavropol Region.

For citation: Chekrygina EV, Vasilyeva OV, Volynkina AS, Alekhina YuA, Kulichenko AN. Genetic profiling of *Salmonella enteritidis* strains isolated in the Stavropol Region in 2016–2019. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):66–71. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-66-71>

Author information:

Elena V. **Chekrygina**, Assistant, Department of Microbiology, Stavropol State Medical University; e-mail: Chekrygina-e@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1893-6195>.

✉ Oksana V. **Vasilyeva**, Cand. Sci. (Med.), Head of Bacterial Infection Diagnostic Laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute; e-mail: ksusha.vasilyeva@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8882-6477>.

Anna S. **Volynkina**, Cand. Sci. (Biol.), Head of Viral Infection Diagnostic Laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute; e-mail: volyn444@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5554-5882>.

Yulia A. **Alekhina**, doctor of clinical laboratory diagnostics, Bacterial Infection Diagnostic Laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute; e-mail: stavnipchi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5651-4498>.

Alexandr N. **Kulichenko**, Dr. Sci. (Med.), Professor; Director, Stavropol Research Anti-Plague Institute; e-mail: stavnipchi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>.

Author contributions: study conception and design: *Chekrygina E.V., Vasilyeva O.V., Volynkina A.S.*; data collection: *Chekrygina E.V., Alekhina Yu.A.*; analysis and interpretation of results: *Vasilyeva O.V., Volynkina A.S.*; literature review: *Chekrygina E.V., Alekhina Yu.A.*; draft manuscript preparation: *Vasilyeva O.V., Volynkina A.S., Kulichenko A.N.* 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: May 13, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Занимающий одно из ведущих мест в структуре острых кишечных бактериальных инфекций сальмонеллез характеризуется сложностью этиологической структуры, полиморфизмом клинических проявлений и формированием бактерионосительства. В России, несмотря на тенденцию к снижению распространения, сальмонеллез занимает третье место (после рота- и норовирусной инфекции) в структуре заболеваемости с фекально-оральным механизмом передачи возбудителя¹.

Для Ставропольского края сальмонеллез остается значимой инфекционной патологией с высокими эпидемиологическими рисками формирования очагов с множественными случаями заболеваний. В 2019 году произошел двукратный рост заболеваемости по сравнению с 2016–2018 гг.

На территории Ставропольского края находятся Кавказские Минеральные Воды (КМВ) — группа курортов федерального значения, особо охраняемый эколого-курортный регион Российской Федерации. Интенсивное развитие туристической отрасли края существенно увеличивает угрозу возникновения эпидемических ситуаций в регионе, в т. ч. массовых вспышек ОКИ, и обуславливает необходимость совершенствования системы эпидемиологического надзора и внедрения эффективного алгоритма идентификации штаммов для расследования вспышек и отдельных случаев заболевания ОКИ.

В Ставропольском крае наиболее частым этиологическим агентом сальмонеллезов у людей является *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *enteritidis* (*S. enteritidis*), что соответствует общемировой тенденции [1]. Этот серовар выделяется в 84,1 % всех диагностированных случаев сальмонеллеза в крае². В связи с этим определение серовара дает мало информации в ходе эпидемиологического расследования и обуславливает необходимость субвидового типирования изолятов *S. enteritidis*.

В последние годы широкое практическое применение для субвидовой характеристики микроорганизмов получили методы молекулярно-генетического анализа, обладающие большей дифференцирующей способностью по сравнению с фенотипическими методами исследования.

Молекулярное типирование *S. enteritidis* наиболее часто проводят с использованием методов гель-электрофореза в пульсирующем поле (PFGE-типирование), мультилокусного анализа числа вариабельных тандемных повторов (Multi Locus Variable Number Tandem Repeat Analysis — MLVA) и полногеномного секвенирования (Whole Genome Sequencing — WGS) [2,3]. Применяемый для определения подтипов сальмонелл метод PFGE трудоемок, требует наличия специализированного оборудования и обученного персонала, время выполнения анализа составляет около трех суток [4]. Метод WGS обладает наибольшей дискриминирующей способностью, однако является

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 299 с. Доступно по: https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/8e4/gosdoklad-za-2019_seb_29_05.pdf43 (дата доступа: 20.04.2022).

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ставропольском крае в 2019 году: государственный доклад. Ставрополь, 2019. 107 с. Доступно по: http://26.rosпотребнадзор.ru/doc/gd/Gosdoklad_2019.pdf (дата доступа: 20.04.2022).

дорогостоящим, требует проведения сложного биоинформационного анализа и пока не подходит для рутинного субвидового типирования *S. enteritidis* [5].

MLVA-типирование основано на анализе локусов с переменным числом tandemных повторов (VNTR-variable number tandem repeats). VNTR-локусы являются важным маркером полиморфизма генов, используемых для типирования близкородственных штаммов. Метод MLVA является основным для типирования сальмонелл в странах Европы, что связано с быстротой выполнения анализа и высокой воспроизводимостью результатов [6, 7]. Анализ MLVA-профилей штаммов позволяет идентифицировать клоны и дифференцировать штаммы при расследовании вспышек, эффективно устанавливать или исключать связь между отдельными случаями заболеваний [8, 9, 10]. В странах ЕС разработаны стандартные операционные процедуры по выполнению MLVA-типирования сероваров *S. enteritidis* и *S. typhimurium* [11].

Для эффективного применения молекулярно-генетических методов при решении различных эпидемиологических задач необходимо накопление сведений об особенностях генотипов штаммов, циркулирующих в исследуемом регионе, а также информации о генетической гетерогенности возбудителя в мире. Молекулярное типирование штаммов *S. enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края, позволит получить новую информацию о генетической структуре популяции сальмонелл в регионе, сформировать базу данных для молекулярного анализа при эпидемиологическом расследовании случаев заболевания ОКИ.

Цель исследования: провести MLVA-типирование штаммов *S. enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края в 2016–2019 гг., проанализировать генетическую структуру популяции сальмонелл в регионе.

Материалы и методы.

В работе использованы 122 штамма *S. enteritidis*, изолированных в 2016–2019 гг. из проб испражнений больных острыми кишечными инфекциями в Ставропольском крае, в т. ч. в г. Ставрополе (90 штаммов) и регионе КМВ (32 штамма). Случаи ОКИ эпидемиологически не связаны между собой. В этот период отмечалась спорадическая заболеваемость ОКИ, очаги групповой заболеваемости ОКИ не зарегистрированы.

Видовую идентификацию проводили по ферментативной активности в отношении различных субстратов с использованием наборов реагентов для идентификации энтеробактерий ММТЕ1 и ММТЕ2 (НПО «Аллерген», г. Ставрополь). Определение антигенной структуры штаммов выполняли в реакции агглютинации с сыворотками диагностическими сальмонеллезными адсо-

рбированными к О- и Н-антигенам сальмонелл «ПЕТСАЛ» (производства СПбНИИВС Россия).

Выделение бактериальной ДНК производили с помощью набора реагентов «ДНК-Сорб-В» (производства ФБУН «ЦНИИЭ» Роспотребнадзора, г. Москва, Россия). Полученные образцы ДНК использовали для амплификации фрагментов генома изучаемых штаммов *S. enteritidis*.

MLVA-типирование проводили в соответствии с протоколом, разработанным Hopkins K.L. [12]. Для амплификации VNTR-локусов использовали праймеры, указанные в статье Malorny B. [13] (табл. 1). Размер амплифицированных локусов определяли методом капиллярного электрофореза на секвенаторе Applied Biosystems 3500 (США). Точный размер различающихся по длине аллелей определяли секвенированием по Сэнгеру с использованием Big Dye Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems). Индивидуальный MLVA-генотип штамма был получен на основании числа tandemных повторов в локусах: SENTR7-SENTR5-SENTR6-SENTR4-SE3.

Результаты. Проведено MLVA-типирование 122 штаммов *S. enteritidis*, выделенных от больных ОКИ в Ставропольском крае с 2016 по 2019 г. Исследованные штаммы отличались высокой генетической гетерогенностью и относились к 25 MLVA-генотипам. Наибольшее количество разных аллельных вариантов (8) выявлено в локусе SENTR5. В локусе SENTR6 выявлено 6 разных аллелей, в SENTR4 – 4, в локусах SENTR7 и SE3 – по 2.

На территории г. Ставрополя выявлены штаммы *S. enteritidis*, принадлежащие к 24 MLVA-типам, 74,4 % штаммов, выделенных в г. Ставрополе за весь период наблюдений, относились к семи наиболее распространенным MLVA-генотипам (табл. 2). Также выявлены минорные геноварианты, доля которых составляла 1,1–2,2 % от общего количества исследованных изолятов (в совокупности 25,6 %).

Доминирующим геновариантом в г. Ставрополе являлся 3-10-5-4-1, к которому относилось 40 штаммов сальмонелл (44,4 %), выделенных в 2016–2019 гг. В отдельные годы возрастал удельный вес других геновариантов: 2-10-8-3-2, 3-10-5-3-1, 3-11-5-4-1, 3-10-5-3-1, 2-10-14-6-1, 2-12-8-3-2 и 3-18-5-4-1. Ежегодно с 2016 по 2019 г. на территории г. Ставрополя встречались штаммы *S. enteritidis*, принадлежащие к MLVA-генотипам 3-10-5-4-1 и 3-9-5-4-1. В 2016 г. выявлены 11 геновариантов сальмонелл, преобладали штаммы с MLVA-генотипами 3-10-5-4-1 (36,4 %) и 2-10-8-3-2 (13,6 %). В 2017 г. исследованные культуры принадлежали к 14 геновариантам, доминирующими являлись MLVA-типы 3-10-5-4-1 (53,5 %) и 3-10-5-3-1 (11,6 %). В 2018 г. выявлено 7 ге-

Таблица 1. Последовательности праймеров для амплификации VNTR-локусов

Table 1. Primer sequences for amplification of VNTR loci

№	Локус / Locus	Праймер F (5'-3') / Primer F (5'-3')	Праймер R (5'-3') / Primer R (5'-3')
1	SENTR7	ACGATCACCACGGTCACTTC	CGGATAACAACFAGGACGCCTTC
2	SENTR5	CACCGCCACAATCAGTGGAAC	GCGTTGAATATCGGCAGCATG
3	SENTR6	ATGGACGGAGGCGATAGAC	AGCTTCACAATTTGCGTATTCG
4	SENTR4	GACCAACACTCTATGAACCAATG	ACCAGGCAACTATTCGCTATC
5	SE3	CAACAAAACAACAGCAGCAT	GGGAAACGGTAATCAGAAAGT

новариантов *S. enteritidis*, отмечались изменения в соотношении генетических типов сальмонелл, доминирующим вариантом являлся 2-10-8-3-2 (23,1 %), доля варианта 3-10-5-4-1 снизилась до 15,4 %, выявлены штаммы MLVA-типов 2-12-8-3-2 и 3-18-5-4-1 (по 2 штамма, 15,4 %). В 2019 г. исследованные штаммы относились к 4 вариантам, преобладал 3-10-5-4-1 (58,3 %), доля варианта 3-11-5-4-1 возросла до 25,0 %.

В регионе КМВ в 2016–2019 гг. выявлены штаммы *S. enteritidis*, принадлежащие к 7 MLVA-типам, большинство культур относилось к MLVA-генотипу 3-10-5-4-1 (31,3 %). В 2016 г. в городах-курортах КМВ выделены культуры *S. enteritidis*, относящиеся к трем MLVA-типам, преобладали штаммы геноварианта 3-9-5-4-1 (50,0 %). В 2017 г. доминирующим вариантом являлся 3-10-5-4-1 (75,0 %). В 2019 г. выявлено

шесть геновариантов сальмонелл, преобладали штаммы генотипа 3-10-5-3-1 (28,6 %) (табл. 3).

Обсуждение. Метод MLVA-типирования широко применяется для оценки генетической гетерогенности штаммов *S. enteritidis* в мире, в том числе для выявления эпидемических геновариантов сальмонелл, способных вызывать вспышки сальмонеллеза на территории нескольких государств, и отслеживания возникновения новых генетических вариантов. Для накопления, хранения и обмена результатами MLVA-типирования сальмонелл, выделенных в странах ЕС и других регионах, а также для принятия управленческих решений в области общественного здравоохранения был разработан модуль Enter-net на платформе The European Surveillance System (TESSy) [14].

Ретроспективное генетическое типирование *S. enteritidis* в Европе позволило выявить

Таблица 2. MLVA-генотипы *S. enteritidis*, выявленные в г. Ставрополе в 2016–2019 гг.

Table 2. MLVA genotype of *S. enteritidis* isolated in Stavropol in 2016–2019

MLVA-генотип / MLVA-genotypes	2016		2017		2018		2019		Всего / Total	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
3-10-5-4-1	8	36,4	23	53,5	2	15,4	7	58,3	40	44,4
2-10-8-3-2	3	13,6	–	–	3	23,1	–	–	6	6,7
3-10-5-3-1	–	–	5	11,6	–	–	–	–	5	5,6
3-9-5-4-1	2	9,1	1	2,3	1	7,7	1	8,3	5	5,6
3-11-5-3-1	1	4,5	2	4,7	1	7,7	–	–	4	4,4
3-11-5-4-1	–	–	–	–	1	7,7	3	25,0	4	4,4
3-7-5-4-1	1	4,5	2	4,7	–	–	–	–	3	3,3
2-10-14-6-1	2	9,1	–	–	–	–	–	–	2	2,2
2-11-8-3-2	–	–	2	4,7	–	–	–	–	2	2,2
2-12-8-3-2	–	–	–	–	2	15,4	–	–	2	2,2
3-11-7-4-1	–	–	1	2,3	–	–	1	8,3	2	2,2
3-13-5-4-1	1	4,5	1	2,3	–	–	–	–	2	2,2
3-18-5-4-1	–	–	–	–	2	15,4	–	–	2	2,2
2-10-5-6-1	1	4,5	–	–	–	–	–	–	1	1,1
2-11-8-4-2	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
2-13-5-4-1	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
2-9-14-6-1	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
3-10-5-5-1	1	4,5	–	–	–	–	–	–	1	1,1
3-10-7-3-2	1	4,5	–	–	–	–	–	–	1	1,1
3-11-2-4-1	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
3-12-5-3-1	1	4,5	–	–	–	–	–	–	1	1,1
3-14-5-4-1	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
3-7-5-5-1	–	–	1	2,3	–	–	–	–	1	1,1
3-9-7-4-1	–	–	–	–	1	7,7	–	–	1	1,1
Итого / Total	22	100	43	100	13	100	12	100	90	100

Таблица 3. MLVA-генотипы *S. enteritidis*, выявленные в регионе КМВ в 2016–2019 гг.

Table 3. MLVA genotypes of *S. enteritidis* isolated in the Caucasian Mineral Waters in 2016–2019

MLVA-генотип / MLVA genotypes	2016		2017		2019		Общий итог / Total	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
3-10-5-4-1	4	28,6	3	75,0	3	21,4	10	31,3
3-9-5-4-1	7	50,0	1	25,0	–	–	8	25,0
3-11-5-4-1	3	21,4	–	–	2	14,3	5	15,6
3-10-5-3-1	–	–	–	–	4	28,6	4	12,5
2-11-8-3-2	–	–	–	–	3	21,4	3	9,4
2-11-5-3-2	–	–	–	–	1	7,1	1	3,1
3-7-5-4-1	–	–	–	–	1	7,1	1	3,1
Общий итог / Total	14	100	4	100	14	100	32	100

эпидемические варианты сальмонелл, преобладающие на территории большинства европейских государств, а также многочисленные минорные варианты, вызывающие спорадические случаи заболевания сальмонеллезом. Так, штаммы *S. enteritidis*, относящиеся к MLVA-типам 3-10-5-4-1, 3-11-5-4-1, 2-10-7-3-2, 3-9-5-4-1, доминировали в Португалии в период с 2012 по 2019 г. [15], являлись наиболее часто выявляемыми вариантами в Бельгии в 2007–2012 гг. [16], в Венгрии и Австрии в 2016–2017 гг.

В 2010 г. в ЕС были выявлены штаммы *S. enteritidis*, относящиеся к новым MLVA-типам: 2-10-6-3-2, 2-10-8-3-2 и 2-11-8-3-2, вызвавшие в 2016–2017 гг. вспышку сальмонеллеза, охватившую территорию большинства европейских стран [17]. Отмечена корреляция между увеличением доли эпидемических MLVA-типов *S. enteritidis* в регионе и ростом числа случаев сальмонеллезов [10].

Встречающиеся на территории края MLVA-типы (3-10-5-4-1, 3-9-5-4-1, 3-11-5-4-1 и 2-10-8-3-2) широко распространены в мире, обладают значительным эпидемическим потенциалом. Менее распространенный геновариант 2-11-8-3-2, доля которого увеличилась в г. Ставрополе в 2018 г., вызвал рост заболеваемости *S. enteritidis* PT-8 в странах ЕС в 2017 г. [18].

В Российской Федерации для проведения молекулярно-генетического мониторинга за циркуляцией штаммов *S. enteritidis* используются методы PFGE и MLVA [19, 20]. В 2011–2019 гг. при поведении субтипирования штаммов методом PFGE с помощью эндонуклеаз рестрикции XbaI BlnI в РФ выделены *S. enteritidis*, относящиеся к 102 PFGE-типам. Наиболее распространенным у человека являлся субтип JEG01/001/JECA26/001, доля которого составляла 44 % от всех клинических изолятов *S. enteritidis* в РФ. Отмечались существенные различия в разнообразии выделяемых PFGE-типов в отдельных регионах страны [21].

В результате работы получены новые данные о MLVA-генотипах *S. enteritidis*, встречающихся на территории Ставропольского края (г. Ставрополь и регион КМБ). Большинство клинических изолятов *S. enteritidis*, выделенных в 2016–2019 гг. на территории г. Ставрополя и региона КМБ, принадлежали к MLVA-генотипу 3-10-5-4-1, их доля в г. Ставрополе составила 44,4 %, в регионе КМБ – 31,3 %. На территории г. Ставрополя отмечено доминирование данного варианта в 2016, 2017, 2019 гг., и только в 2018 г. преобладающим вариантом стал 2-10-8-3-2. В регионе КМБ ежегодно отмечалась смена доминирующего варианта, что может быть связано с высокой миграционной активностью населения и относительно небольшим количеством исследованных штаммов.

Ретроспективное исследование штаммов *S. enteritidis*, выделенных на территории Ставропольского края в 2016–2019 гг., показало, что большинство изученных штаммов сальмонелл (100 штаммов, 81,96 %) относятся к восьми наиболее распространенным генотипам. Количественное соотношение MLVA-типов *S. enteritidis*, изолированных на территории Ставропольского края, в целом схоже с соотношением PFGE-генотипов *S. enteritidis*, выявленных в РФ: к одному преобладающему MLVA-типу относятся 41 % штаммов, изолированных в Ставропольском крае. В России в последние годы также установлено преобладание одного PFGE-субтипа *S. enteritidis* [21].

Регулярный мониторинг за возникновением новых геновариантов сальмонелл, способных обладать повышенной вирулентностью и быть причиной изменений в патогенезе заболевания, является неотъемлемой частью современного эпиднадзора за ОКИ. Он имеет большое значение для здравоохранения в плане прогнозирования возможных сценариев развития эпидситуации с целью профилактики заболеваемости ОКИ бактериальной этиологии.

Метод MLVA показал высокую разрешающую способность при субтипировании штаммов *S. enteritidis* [19, 20]. В то же время наличие космополитных штаммов может затруднять расследование вспышек, и в некоторых случаях необходимо выполнение WGS (whole genome sequencing).

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований получены новые данные о MLVA-генотипах *S. enteritidis*, встречающихся на территории Ставропольского края (г. Ставрополь и регион КМБ). Определены доминирующие в регионе геноварианты, отмечены различия в соотношении циркулирующих MLVA-генотипов *S. enteritidis* в 2016–2019 гг. Это диктует необходимость постоянного молекулярно-генетического мониторинга для оценки динамических изменений генетической структуры популяции сальмонелл в режиме реального времени.

Применение метода MLVA-типирования штаммов позволит не только проводить анализ генетической структуры популяции сальмонелл, но и эффективно устанавливать или исключать связь между отдельными случаями заболеваний, прогнозировать развитие эпидемиологической ситуации на основании данных о соотношении геновариантов сальмонелл в регионе. Полученные в результате работы данные могут быть использованы при эпидемиологическом анализе возможных случаев (вспышек) сальмонеллеза для определения источника и путей распространения инфекции.

Список литературы / References

1. Hendriksen RS, Vieira AR, Karlsmose S, et al. Global monitoring of Salmonella serovar distribution from the World Health Organization Global Foodborne Infections Network Country Data Bank: results of quality assured laboratories from 2001 to 2007. *Foodborne Pathog Dis.* 2011;8(8):887-900. doi: 10.1089/fpd.2010.0787
2. Ziebell K, Chui L, King R, Johnson S, Boerlin P, Johnson RP. Subtyping of Canadian isolates of Salmonella Enteritidis using Multiple Locus Variable Number Tandem Repeat Analysis (MLVA) alone and in combination with Pulsed-Field Gel Electrophoresis (PFGE) and phage typing. *J Microbiol Methods.* 2017;139:29-36. doi: 10.1016/j.mimet.2017.04.012
3. Inns T, Ashton PM, Herrera-Leon S, et al. Prospective use of whole genome sequencing (WGS) detected a multi-country outbreak of Salmonella Enteritidis. *Epidemiol Infect.* 2017;145(2):289-298. doi: 10.1017/S0950268816001941
4. Wattiau P, Boland C, Bertrand S. Methodologies for Salmonella enterica subsp. enterica subtyping: gold standards and alternatives. *Appl Environ Microbiol.* 2011;77(22):7877-7885. doi: 10.1128/AEM.05527-11
5. den Bakker HC, Allard MW, Bopp D, et al. Rapid whole-genome sequencing for surveillance of Salmonella Enterica serovar enteritidis. *Emerg Infect Dis.* 2014;20(8):1306-1314. doi: 10.3201/eid2008.131399
6. Ferrari RG, Panzenhagen PHN, Conte-Junior CA. Phenotypic and genotypic eligible methods for Salmonella Typhimurium source tracking. *Front Microbiol.* 2017;8:2587. doi: 10.3389/fmicb.2017.02587

7. Lienemann T, Kyyhkynen A, Halkilahti J, Haukka K, Siitonen A. Characterization of *Salmonella* Typhimurium isolates from domestically acquired infections in Finland by phage typing, antimicrobial susceptibility testing, PFGE and MLVA. *BMC Microbiol.* 2015;15:131. doi: 10.1186/s12866-015-0467-8
8. Liu Y, Shi X, Li Y, *et al.* The evaluation and application of multilocus variable number tandem repeat analysis (MLVA) for the molecular epidemiological study of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis infection. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2016;15:4. doi: 10.1186/s12941-016-0119-3
9. Mughini-Gras L, Franz E, van Pelt W. New paradigms for *Salmonella* source attribution based on microbial subtyping. *Food Microbiol.* 2018;71:60-67. doi: 10.1016/j.fm.2017.03.002
10. Muvhali M, Smith AM, Rakgantso AM, Keddy KH. Investigation of *Salmonella* Enteritidis outbreaks in South Africa using multi-locus variable-number tandem-repeats analysis, 2013–2015. *BMC Infect Dis.* 2017;17(1):661. doi: 10.1186/s12879-017-2751-8
11. European Centre for Disease Prevention and Control. ECDC Technical Document. Laboratory standard operating procedure for multiple-locus variable-number tandem repeat analysis of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis. Stockholm: ECDC; 2016. doi: 10.2900/973540
12. Hopkins KL, Peters TM, de Pinna E, Wain J. Standardisation of multilocus variable-number tandem-repeat analysis (MLVA) for subtyping of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Euro Surveill.* 2011;16(32):19942.
13. Malorny B, Junker E, Helmuth R. Multi-locus variable-number tandem repeat analysis for outbreak studies of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis. *BMC Microbiol.* 2008;8:84. doi: 10.1186/1471-2180-8-84
14. Peters T, Bertrand S, Björkman JT, *et al.* Multi-laboratory validation study of multilocus variable-number tandem repeat analysis (MLVA) for *Salmonella enterica* serovar Enteritidis, 2015. *Euro Surveill.* 2017;22(9):30477. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.9.30477
15. Silveira LS. *Phenotypic and genotypic characterization of Salmonella spp. isolates in Portugal.* Doctor of Biology thesis. NOVA University Lisbon; 2019. Accessed April, 25, 2022. <http://hdl.handle.net/10362/91582>
16. Bertrand S, De Lamine de Bex G, Wildemaue C, *et al.* Multi locus variable-number tandem repeat (MLVA) typing tools improved the surveillance of *Salmonella enteritidis*: a 6 years retrospective study. *PLoS One.* 2015;10(2):e0117950. doi: 10.1371/journal.pone.0117950
17. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control Multi-country outbreak of *Salmonella* Enteritidis phage type 8, MLVA profile 2-9-7-3-2 and 2-9-6-3-2 infections. Technical report EFSA. EFSA Supporting Publications. 2017;14(3):1188E. doi: 10.2903/sp.efsa.2017.EN-1188
18. Usein CR, Oprea M, Ciontea AS, *et al.* A snapshot of the genetic diversity of *Salmonella* Enteritidis population involved in human infections in Romania taken in the European epidemiological context. *Pathogens.* 2021;10(11):1490. doi: 10.3390/pathogens10111490
19. Кулешов К.В., Браславская С.И., Подколзин А.Т. Разработка и апробация методики MLVA-анализа с целью субтипирования изолятов *S. Enteritidis*. Молекулярная диагностика – 2010, Москва, 24–26 ноября 2010 года / Под редакцией В.И. Покровского. Москва: Киселева Н.В. 2010. С. 350–353.
19. Kuleshov KV, Braslavskaya SI, Podkolzin AT. [Development and approbation of the MLVA analysis technique for the purpose of *S. Enteritidis* isolate subtyping.] In: *Molecular Diagnostics – 2010: Proceedings of the Seventh Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, November 24–26, 2010.* Pokrovsky VI, ed. Moscow: Kiseleva N.V. Publ.; 2010:350–353. (In Russ.)
20. Кулешов К.В., Подколзин А.Т., Рожнова С.Ш. Сравнительная оценка молекулярно-генетических методов типирования изолятов *S. Enteritidis* в очагах групповой заболеваемости. Молекулярная диагностика – 2010, Москва, 24–26 ноября 2010 года / Под редакцией В.И. Покровского. Москва: Киселева Н.В. 2010. С. 353–357.
20. Kuleshov KV, Podkolzin AT, Rozhnova SSh. [Comparative evaluation of molecular genetic methods for typing *S. Enteritidis* isolates in foci of group morbidity.] In: *Molecular Diagnostics – 2010: Proceedings of the Seventh Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, November 24–26, 2010.* Pokrovsky VI, ed. Moscow: Kiseleva N.V. Publ.; 2010:353–357. (In Russ.)
21. Рожнова С.Ш., Кулешов К.В., Павлова А.С. и др. Гетерогенность изолятов нетифоидных сальмонелл из различных источников выделения в Российской Федерации в 2010–2019 гг. // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2020. Т. 25. № 1. С. 26–34. doi: 10.17816/EID35184
21. Rozhnova SSh, Kuleshov KV, Pavlova AS, *et al.* Heterogeneity of *Salmonella* isolates obtained from various sources in Russia 2010–2019. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2020;25(1):26–34. (In Russ.) doi: 10.17816/EID35184



«Да будет благо народа высшим законом»

Нина Васильевна Подзорова – врач высшей категории по специальности «Организация и управление здравоохранением». За годы работы была награждена орденом «Знак Почета», знаком «Отличник здравоохранения», медалью к 100-летию со дня рождения В.И. Ленина, медалью «Ветеран труда».

В 1948 году Нина Васильевна Подзорова (родилась 24 января 1924 года) окончила Казанский медицинский институт по специальности «Санитарное дело». Работала главным врачом санэпидстанции в городе Демьянске Новгородской области. В 1949 году приехала в г. Керчь на должность врача-эпидемиолога в санэпидстанции.

В начале 50-х годов в Крыму, как и во всей стране, продолжалась борьба с малярией. В ноябре 1952 года в г. Керчи была зарегистрирована вспышка туляремии, отмечался рост заболеваемости дизентерией, регистрировалась значительная заболеваемость дифтерией. На плечи молодого специалиста легла нелегкая ежедневная и кропотливая работа по проведению противоэпидемических мероприятий, организации вакцинации детей против дифтерии, ведению строгого учета прививок. Совместно с коллегами из СЭС и организаторами здравоохранения г. Керчи Нина Васильевна Подзорова трудилась над решением сложнейших задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия такого крупного промышленного и портового города, как Керчь.

Профессионализм и организаторские способности Нины Подзоровой были замечены: в 1956 году ее назначают на должность главного врача санэпидстанции г. Керчи. Вскоре целеустремленность, дисциплинированность, самостоятельность в принятии решений, умение строго следовать инструкции, выполнять поставленные задачи, профессиональная честность, коллегиальность, высокие организаторские способности позволили ей создать санитарно-эпидемиологическую службу, пользующуюся большим авторитетом в городе, коллектив которой ценило и уважало не только руководство, но и горожане.

Старожилы Керчи и сегодня вспоминают, какое серьезное испытание легло на плечи сотрудников СЭС в связи со вспышкой холеры Эль-Тор в 1970 году, и часто сравнивают то время с нынешним, когда идет борьба с не менее коварным заболеванием – COVID-19. Во время эпидемии холеры Нина Васильевна Подзорова, оставаясь во главе службы, принимала активное участие в организации противоэпидемических мероприятий по ликвидации холеры. И благодаря самоотверженной работе всех специалистов городской СЭС в сентябре 1970 года карантин по холере был снят.

И, как часто случается, не было бы счастья, да несчастье помогло. После ликвидации очага холеры в том же 1970 году коллектив санэпидстанции пополнился новыми квалифицированными специалистами и молодыми кадрами. Все отделы и отделения были полностью укомплектованы. В СЭС сложился сплоченный и



очень работоспособный коллектив: заведующие отделами Гурская М.В., Стукаленко А.М., заведующие лабораториями Степанова Ф.И., Карпова Т.А., врачи-гигиенисты Бердник Л.Г., Лукьяновская М.И., Гурский Э.В., врачи-эпидемиологи Карапузова Т.С., Шишкина В.М., Панченко Е.М., врачи-бактериологи Литвак С.С., Гутман Г.Ю., Флат Л.А., специалисты радиологической лаборатории Дегушева М.П., Зарипова Р.В., Пустыльников А.В., химической лаборатории – Моренова А.В., Закупра В.Я., Димаки и большая армия специалистов среднего и младшего звена, технических работников, обеспечивавших ежедневную

кропотливую основную нашу работу.

«Salus populi suprema lex esto» («Да будет благо народа высшим законом») – эта цитата древнеримского мыслителя Марка Туллия Цицерона наиболее точно определяет принципы и предназначение санитарной службы. Ее специалистов действительно отличают преданность выбранному делу, высокий профессионализм, ответственность, организаторские способности. Они всегда достигают поставленных целей, решают любые, даже самые сложные, задачи.

Прошло уже немало времени с тех пор, как Нина Васильевна Подзорова ушла в мир иной. В санэпидстанции, а ныне это филиал федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе» в городе Керчь и Ленинском районе и территориальный отдел по Восточному Крыму, трудятся другие высококвалифицированные специалисты. Но благодаря преемственности традиций, которые бережно сохраняются в коллективе, они тоже знают о том, как работала и относилась к людям эта удивительная женщина. К счастью, сегодня в Центре гигиены и эпидемиологии г. Керчи еще продолжают работать и те, кто вместе с Ниной Васильевной многие годы обеспечивал санитарно-эпидемиологическое благополучие не только в городе, но и в прилегающем к нему регионе.

«На различных этапах развития государства организационные формы санэпидслужбы подвергались структурным изменениям, но основные принципы профилактики всегда оставались главными: плановость, оперативность, комплексность, тесная связь с достижениями науки, гигиены и эпидемиологии», – говорит врач-бактериолог Центра Зайнап Хабибулловна Волошина (в 1971 г. окончила санитарно-гигиенический факультет Днепропетровского медицинского института, стаж работы в санитарной службе 50 лет), которая не один год трудилась вместе с Ниной Васильевной Подзоровой.

«К молодым специалистам Нина Васильевна относилась особенно внимательно, всячески их поддерживала, помогала, подсказывала, как нужно действовать в трудных ситуациях, – подчеркивает Зайнап Хабибулловна. – Я приехала работать в СЭС г. Керчи

в августе 1971 года. И вскоре Нина Васильевна берет меня, молодого специалиста, только со студенческой скамьи, с собой на совещание в горисполком, где обсуждались проблемы подготовки школьных учреждений к предстоящему учебному году. Более того, она поручила мне как отвечающей за вопросы гигиенического контроля за детскими учреждениями выступить там. Конечно, я очень переживала, нервничала, но знала, если что не так, Нина Васильевна подскажет, уточнит. И мое «боевое крещение» прошло замечательно», – улыбается Зайнап Хабибулловна

«Как говорят, “трудиться в поле”, для Нины Васильевны не было чем-то необычным. Например, перед началом оздоровительного сезона, когда проходила подготовка детских лагерей, которых тогда у нас было очень много, Нина Васильевна активно участвовала в работе приемных комиссий, часто вместе с нами выезжала на место, чтобы самой убедиться в степени готовности того или иного объекта», – рассказывает Зайнап Хабибулловна.

За помощью в решении многих бытовых вопросов сотрудники СЭС г. Керчь тоже шли в первую очередь к Нине Васильевне Подзоровой. Потому что, как вспоминают Зайнап Волошина и Алла Орехова, простота в общении была ее характерной чертой.

По словам биолога бактериологической лаборатории Центра Аллы Леонидовны Ореховой (в 1977 г. окончила факультет естественных наук Симферопольского государственного университета им. В.И. Вернадского, стаж работы в санитарной службе 45 лет), главная черта Нины Васильевны Подзоровой – умение доверять людям, вне зависимости от их возраста, трудового стажа или занимаемой должности.

«А еще она умела выстраивать доброжелательные отношения в коллективе. Нина Васильевна действительно доверяла нам, но и проверяла, общалась напрямую с любым специалистом СЭС, – вспоминает Алла Леонидовна. – Она все знала, ведь трудовую деятельность начинала эпидемиологом. И даже будучи главврачом, любую ситуацию прежде всего сама изучала досконально. Она так и не стала кабинетным работником, какими нередко становятся начальники.

Она вникала во все проблемы сотрудников – для нуждающихся в жилье добивалась комнаты или места в общежитии, помогала определить малышей в детские сады. И вообще много добра делала людям, старалась удержать специалистов, сохранить коллектив, улучшить условия их труда. Например, когда было решено строить новый лабораторный корпус, она вместе с Борисом Николаевичем Леженцевым, руководившим тогда нашей областной РК СЭС, выбирала проект здания для лаборатории. Потому что знала все тонкости нашей работы. И сегодня мы трудимся здесь и с благодарностью вспоминаем Нину Васильевну. Эпидемия коронавируса еще раз подтвердила необходимость укрепления материально-технической базы нашей службы, внедрения в ее работу современных технологий, новых методов исследования, чтобы мы могли работать на уровне мировых стандартов, были мобильными».

«Мы не возносили ее, и она сама не возносилась. В первую очередь она была нашей коллегой. И коллегиальность в работе коллектива СЭС была еще одним принципом ее работы. Все жили и работали как одна семья. При этом Нина Васильевна успешно выполняла свои должностные обязанности, – подчеркивает Зайнап Волошина. – Становление народного хозяйства г. Керчи, строительство и эксплуатация промышленных предприятий, жилья, школ, детских учреждений требовало решения многообразных задач санитарного надзора: гигиенического надзора за окружающей средой, условиями труда, безопасностью и рациональностью питания, условиями развития и воспитания детей, мониторинга радиационной обстановки, организации предупредительного надзора – все эти вопросы были на контроле у Нины Васильевны».

«И в преддверии 100-летнего юбилея санитарной службы мы отдаем дань уважения всем нашим учителям, наставникам, ветеранам, заложившим ее основу. Мы ими гордимся и восхищаемся. Они, как и Нина Васильевна Подзорова, для нас – яркий пример служения людям и выполнения своего долга», – еще раз подчеркнули в конце нашей беседы Зайнап Хабибулловна и Алла Константиновна.

Елена Озерян

Межрегиональное управление Роспотребнадзора
по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю

Создание и развитие санитарной организации на земле Рязанской в первой половине XX века: исторические вехи

Рязанская губерния, расположенная в центральной части Российской империи, не принадлежала к числу промышленно развитых районов. Основу ее экономики составляло зерновое земледелие, а ведущей отраслью животноводства было коневодство. Подавляющее большинство населения губернии жило в сельской местности. Городское население в середине XIX века составляло только 83 тыс. человек.

К началу XX века численность предприятий в регионе колебалась от 4,6 до 4,9 тыс., численность рабочих — от 25 до 26 тыс., т. е. в среднем на одном предприятии работало по 5–6 человек. Промышленное производство было представлено в основном мелкими и мельчайшими предприятиями по переработке сельскохозяйственных продуктов [1]. Даже в 1920-х годах из общего числа жителей (на то время 2,5 млн человек) только около 2 % были заняты в промышленности. Почти 10 % населения были вынуждены уходить на заработки в соседние губернии, так как уровень собственного аграрного хозяйства не мог обеспечить работой все трудоспособное население Рязанщины [2].

Масштабы отходничества, в том числе по добыче торфа, существенным образом влияли на инфекционную заболеваемость. Достаточно сказать, что число случаев малярии доходило в регионе до 100 тыс. в год [3].

Из-за скудности финансирования благоустройство городов губернии было чрезвычайно низким. Так, в пересчете на одного жителя средства, отпускаемые на благоустройство, в 1912 году в среднем составляли 51 копейку [4]. Первый городской водопровод был введен в эксплуатацию только в 1913 году.

Слаборазвитая экономика, неудовлетворительное благоустройство городов и недоступность медицинской помощи широким слоям населения отрицательно сказывались на эффективности прилагаемых усилий по охране здоровья населения. Не способствовали здоровью также малограмотность (65 % неграмотных) и низкая санитарная культура жителей. Все это создавало предпосылки к широкому распространению в губернии инфекционных заболеваний, часто перераставших в эпидемии. Во времена лихолетья особенно свирепствовали холера и сыпной тиф.

В Рязанской губернии, как и на других территориях Российской империи, первым учреждением, занимавшимся исследованиями по диагностике инфекционных заболеваний, была ветеринарная бактериологическая лаборатория. Она возникла в Рязани в 1895 году, а в 1901 году под руководством А.В. Белицера в статусе бактериологической станции расширила свою деятельность для диагностики туберкулеза, брюшного тифа, малярии, холеры и др. [5].

Важнейшую роль в борьбе с инфекционными болезнями играли разного рода коллегиальные и исполнительные органы, специально занимавшиеся вопросами общественно-санитарного характера и составлявшие структуру земской санитарной организации.

Земская медицина в Рязанской губернии в то время была пестрой по своему устройству.

На недостаточно успешной борьбе с эпидемиями особенно остро сказывалось «отсутствие правильной медицинской организации, в смысле объединительного учреждения» [6]. Попытки создания «некой предварительной санитарной организации» в земской медицине Рязанской губернии предпринимались и раньше, на рубеже 1880-х годов. Об этом писал, в частности, известный деятель земской медицины Д.Н. Жбанков в трудах Общества русских врачей, посвященных памяти Н.И. Пирогова. Он отмечал Рязанскую губернию среди одиннадцати территорий, где на практике пытались реализовать мысль «о необходимости санитарного направления в медицине»: «Ординатор губернской больницы за небольшое вознаграждение обрабатывал получаемые от земских врачей табличные сведения о деятельности участков и ходе эпидемий и представлял их ежегодно собиравшимся съездам [земских врачей]». Однако это начинание рязанского земства в 1883 году было прекращено.

В последующем на съездах земских врачей неоднократно рассматривались вопросы вначале о «приглашении одного санитарного врача на губернию», а затем «в каждом уезде иметь санитарных врачей» и «создать институт уездных санитарных врачей».

В 1893 году очередное рязанское губернское собрание принимает постановление «об учреждении при губернской управе медицинского бюро с ежегодным совещанием врачей...». Предметно же к этому вопросу губернская управа обратилась только спустя почти десять лет, в 1902 году, когда после многократного обсуждения на губернском земском собрании и на совещаниях врачей было принято решение о том, что бюро должно называться медико-санитарным. Фактически санитарная организация Рязанской губернии была создана только в 1904 году и состояла из губернского санитарного совета и медико-санитарного бюро.

Санитарные советы при земской и уездных управах предназначались для объединения всех усилий в целях решения санитарных и хозяйственных вопросов здравоохранения и особенно борьбы с инфекциями. Советы выносили на рассмотрение земского (уездного) собрания проекты постановлений по противоэпидемическим мероприятиям, а также по санитарному состоянию населенных мест, по охране чистоты питьевой воды, по производству и реализации пищевых продуктов и медицинской помощи на фабриках и заводах. В их функции также входили организация специальных гигиенических исследований на местах и координация осуществления различных медико-санитарных мероприятий.

Кроме этого, по вопросам «оздоровления населенных мест и контроля за санитарным положением их», а также «предупреждения заноса и распространения холерной эпидемии» на Рязанщине достаточно активно работали санитарно-исполнительные комиссии (губернская, городская и уездные) и санитарные попечительства. В губернии они возникли в 1879 году — сначала как временные органы при угрозе заноса чумы, а позднее — для борьбы с эпидемией холеры. В начале XX века круг их деятельности был рас-

ширен до осуществления надзора за санитарным состоянием населенных мест и разного рода заведений. Санитарные же попечительства имели целью привлечение непосредственно населения к решению обыденных вопросов санитарно-профилактического характера.

В разные годы работы медико-санитарное бюро возглавляли В.П. Успенский (1904–1907 годы), Г.И. Ростовцев (1907–1910 годы) и П.Ф. Кудрявцев (с 1910 года).

Основным направлением работы медико-санитарного бюро было медико-статистическое исследование естественного движения и заболеваемости населения, в том числе «эпидемическими и прочими острозаразными заболеваниями», а также деятельности лечебных учреждений. Вместе с вопросами охраны здоровья населения и обеспечения медицинской помощи на бюро рассматривалось санитарное состояние селений, водоснабжение фабрично-заводских заведений.

Медико-санитарное бюро не обходило вниманием и постановку в губернии санитарного дела. Его первый заведующий В.П. Успенский в программной статье «К вопросу о санитарной организации в Рязани», рассуждая о состоянии санитарного дела, высказывался о необходимости создания санитарной организации, которая должна работать как «нечто постоянное, планомерное <...>, которая должна существовать и которая <...> разовьется <...> тогда, когда будет положено начало...». Этот же вопрос был предметом совещания бюро в июле 1908 года, на котором обсуждалось дальнейшее развитие в губернии «специальной санитарной организации».

В городе Рязани первый санитарный врач появился в 1904 году. Это был В.И. Любимов, назначенный городовым врачом с обязанностями санитарного врача.

Первая стационарная санитарно-химическая лаборатория по исследованию питьевой и сточных вод была организована в Рязани в 1910 году П.И. Процеровым, ставшим впоследствии первым ректором Рязанского педагогического института [7]. Спустя два года эпидемический врач Н.И. Пашкина-Вертячих в кабинете участковой больницы Данковского уезда устроила передвижную лабораторию, в которой провела санитарно-химическое исследование более 100 питьевых источников в 40 селениях [8]. В 1913 году на Всероссийской гигиенической выставке в Санкт-Петербурге губернское земство продемонстрировало передвижную санитарно-химическую лабораторию. Здесь же были представлены описание «аппаратуры и стеклянной посуды в необходимом для работ минимальном количестве» (всего 127 наименований) и разработанная санитарным бюро «карта для обследования водоснабжения в населенных местах Рязанской губернии» [9].

Уже при советской власти, в 1921 году, была создана губернская советская химико-бактериологическая лаборатория (заведующая З.С. Цыханская-Клиот) [10], а в 1925 году – пастеровская станция (заведующий И.П. Гаузер) [11].

В связи с крайне сложной обстановкой по малярии особенное развитие в Рязанской губернии получили противомалерийные учреждения. Начало им было положено в 1923 году открытием малярийной станции (заведующая А.А. Игнатов) в уездном городе Раненбурге [12]. В 1924 году заработала губернская малярийная станция в Рязани

(заведующий А.В. Машков) [13]. В 1927–1928 годах подобные станции открываются в уездных городах Шилово и Спасск, а на торфоразработках в селах Мурмино, Клепики и Вышгород Рязанского уезда создаются малярийные подстанции. С 1931 года противомалерийная сеть на Рязанской земле продолжает увеличиваться. Организуются сторожевые малярийные посты, которые впоследствии реорганизуются в малярийные станции и пункты, сначала уездов и сел губернии, а с образованием Рязанской области в 1937 году – районов [14].

Органы врачебно-санитарного дела в первое десятилетие рабоче-крестьянского государства в Рязанской губернии, как и во всей стране, прошли сложный путь от санитарного бюро губернского земства, врачебно-санитарного комиссариата до санитарно-эпидемических подотделов губернского и уездных отделов здравоохранения. В особенно тяжелые годы руководство брали на себя губернская чрезвычайная комиссия по борьбе с сыпным тифом и санитарным неблагополучием и различные чрезвычайные санитарные тройки.

Как и вся страна, Рязанская губерния остро нуждалась в санитарных кадрах. По состоянию на 1 октября 1923 года в губернии числилось 16 санитарных врачей: 7 при губздравотделе и по одному в девяти уездах. Однако в большинстве уездов их функции исполняли заведующие санитарно-эпидемическими подотделами местных органов здравоохранения. Кроме того, из всех врачей, непосредственно занятых организацией работы по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, только двое имели специальную подготовку по санитарии и эпидемиологии [15].

Санитарная организация Рязанской губернии была недостаточной не только по своему численному составу и квалификации кадров. Отсутствовала необходимая связь губернского санитарно-эпидемического подотдела с уездными врачами. Более или менее активно работала только коллегия школьно-санитарных врачей, на которой ежемесячно рассматривались злободневные вопросы школьно-санитарного надзора.

Первый губернский санитарный совет с участием всех местных санитарных врачей состоялся в 1926 году. Ему предшествовало расширенное совещание санитарного актива с повесткой «О достижениях и перспективах санитарно-профилактической работы в губернии и существующей и желательной сети санитарных и профилактических учреждений».

По итогам работы санитарного совета было принято постановление, положения которого стали составной частью перспективного плана развития в губернии санитарно-профилактического дела [16]. Согласно этому плану для устойчивого развития экономики губернии и кардинального улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки была предусмотрена централизация управления всей санитарной сетью, вершиной которой вскоре стало специальное учреждение – санитарно-бактериологическая станция.

Само понятие «санитарная станция» в середине 1890-х годов, согласно энциклопедическому словарю Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, относилось к «лабораториям санитарным» (т. е. аналитическим или санитарным станциям) как «учреждениям, занимающимся исследованием съестных продуктов, вкусовых веществ и других

предметов потребления для определения их доброкачественности и безвредности в санитарном отношении...» с «главной своей задачей производства анализов по заказам правительственных и общественных управлений, разных учреждений, а равно и частных лиц» [17].

Первое подобное учреждение было открыто в немецком городе Дрездене в 1870 году, а затем «санитарные лаборатории», или «контрольные станции», открывались во многих городах Германии, Швейцарии, Англии и в других странах.

Санитарные станции в то время, по сути дела, были исключительно лабораториями для исследования пищевых продуктов и предметов первой необходимости с целью определения их безвредности для здоровья. Однако шла наработка не только методов исследований. Важно было и то, что при систематических исследованиях качества обрабатываемых предметов потребления результаты обследований могут «служить основанием для выработки обязательных постановлений или специального законодательства и для установления... норм» [17].

Решение о создании в Рязани первого в губернии специализированного комплексного санитарно-профилактического учреждения было принято президиумом Рязанского горсовета в начале 1928 года. Первоначально планировалось, что это будет санитарно-бактериологический институт. Неизвестно, на каком этапе его образования название «санитарно-бактериологический институт» сменилось на «центральную санитарно-бактериологическую станцию». Возможно, под влиянием решения XI Всесоюзного съезда, в работе которого принимала участие делегация рязанских санитарных врачей.

Датой начала работы в Рязани принципиально нового учреждения — губернской центральной санитарно-бактериологической станции (директор В.С. Фрейдлин) — официально считается 1 октября 1928 года. В честь юбилейной даты образования Наркомата здравоохранения РСФСР она была названа «имени 10-летия советской медицины» [18]. Станция объединила в своем составе все существовавшие к тому времени в губернии санитарно-профилактические учреждения. В ее структуру входили:

— эпидемиологическое отделение с прививочным пунктом и дезинфекционной станцией;

— санитарно-химическое отделение с секциями по пищевой, коммунальной и профессиональной гигиене;

— малярийное отделение с двумя подстанциями, стационаром, гельминтологическим и энтомологическим кабинетами;

— пастеровское отделение с лабораторией по изготовлению вакцины, с общежитием и 14 филиалами на периферии;

— клинико-диагностическое отделение;

— серологическое отделение;

— судебно-химическое отделение;

— база по снабжению губернии прививочным и дезинфекционным материалом;

— медицинская библиотека;

— питомник опытных животных».

Предназначение станции было изложено следующим образом:

«Круг задач, поставленных перед Рязанской губернской санитарно-бактериологической станцией, подводит научную базу под работой всей

санитарно-профилактической сети губздрави, основной и самой сложной из которых является работа первоочередной важности, составление полной санитарной характеристики губернии с целью заложения основы оздоровительных мероприятий, направленных на ликвидацию эпидемии <...> Первоочередной задачей санитарно-бактериологической станции как научной ячейки санитарной организации губернии на ближайший отрезок времени является заполнение пробела путем накопления и проработки материалов, всесторонне характеризующих санитарное состояние губернии, социально-бытовые условия труда, в которых живет и работает население» [2].

Для набора персонала станции (предусматривался штат из 30 врачей) была создана конкурсная комиссия и направлена информация о наборе в санитарные бюро других губерний. Планировалось, что при станции будет организован «совет из всех работающих в учреждении врачей, представителей губздравотдела, союза “Медсантруд”, медицинского общества, общества краеведов, местной секции научных работников. В программу станции также входил созыв научных конференций с участием уездных врачей и комиссии по оздоровлению труда и быта, с участием профсоюзов» [2].

Санитарно-бактериологическая станция сразу же взяла на себя организацию санитарно-эпидемиологической работы в масштабах всей губернии. На первой конференции, состоявшейся 27 декабря 1928 года, были определены первоочередные задачи для решения совместно с городской санитарной организацией и уездными санитарными врачами.

Планировались масштабные работы по разработке охранной зоны рязанского водопровода, санитарного обследования крупных фабрично-заводских предприятий, жилых и школьных помещений, молочных рынков и хлебопекарен. Предусматривалось проведение систематического лабораторного контроля за качеством питьевой воды в городах и рабочих поселках, за санитарным состоянием реки Лыбедь и канализационными установками. Были также намечены мероприятия по сбору статистического материала об инфекционной заболеваемости населения города Рязани; по проведению поголовного обследования населения для выявления лиц, не привитых против оспы; работы по выявлению бациллоносителей и проведению систематической плановой дезинфекции постоянных дворов, общежитий; созданию сети периферийных прививочных пастеровских пунктов, бактериологических лабораторий и др. [19].

Регулярно проводились конференции врачей санитарно-бактериологической станции. На них кроме организационных вопросов разбирались практические ситуации по проведению санитарных обследований и их результаты.

Санитарно-бактериологическая станция стала фактическим центром научной деятельности всей санитарной организации губернии. Научные труды практических врачей публиковались в издаваемом станцией в 1929 и 1931 годах тиражом 300 экземпляров «Сборнике работ и материалов» [20, 21].

В сборник входили, в частности, следующие научные статьи:

— «Водоснабжение города Рязани (материалы к установлению охранной зоны рязанского водопровода с проектом обязательного постановления президиума губисполкома “О порядке организации

санитарной охранной зоны источников, питающих водопровод г. Рязани»);

– «Туляремия в приокских селениях Рязанской губернии»;

– «Малярия в Рязанской губернии»;

– «К итогам обследования рабочих полиграфического дела в Рязани»;

– «Итоги санитарно-гигиенического обследования театра города Рязани»;

– «Питание в общественных столовых города Рязани в 1930 году»;

– «Гидро-химическое исследование реки Лыбеди»;

– «Глистные инвазии среди детского населения Рязанского района»;

– «Иммуно-биологическое обследование сыпно-тифозного очага»;

– «К характеристике бациллоносительства при дифтерии».

Согласно отчету о работе Рязанского окружного исполнительного комитета за 1928–1929 годы, санитарно-бактериологической станцией кроме большой организационной работы и мероприятий санитарно-гигиенического характера было выполнено более пятнадцати тысяч санитарно-химических, бактериологических и диагностических исследований. Интенсивно работали малярийное и пастеровское отделения. Проводилось гельминтологическое обследование населения, производство вакцины и др. [22].

В связи с административно-территориальными перестройками на протяжении нескольких лет вместе с изменением категории региона (губерния, округ и район Московской области, область) изменялся и статус санитарно-бактериологической станции: в 1928 году – губернская центральная санитарно-бактериологическая станция Рязанского губернского отдела здравоохранения имени 10-летия советской медицины, в 1929 году – Рязанская окружная санитарно-бактериологическая станция, в 1931 году – Рязанская санитарно-бактериологическая станция Мособлздравотдела, а затем – Рязанская (районная) санитарная станция.

23 сентября 1934 года, в день 85-летия нашего знатного земляка, нобелевского лауреата, академика И.П. Павлова, по постановлению президиума Рязанского городского Совета санитарная станция стала носить имя Ивана Петровича Павлова [23].

В 1937 году при образовании Рязанской области на ее базе была создана Рязанская областная санитарно-эпидемиологическая станция, и впереди у нее было еще много славных дел на благо России и родной Рязанщины.

Список литературы

1. История Рязанского края, 1778–2007 / под. ред. П.В. Акулыгина. Рязань : Ряз. обл. тип., 2007. С. 41–58.
2. Ведерников П.М. Предисловие // Сб. работ и материалов Ряз. окруж. санит.-бактериол. станции. 1929. Вып. 1.
3. Кудрявцев П.Ф. Рязанская губерния (экономический обзор) // ГАРО¹. Р–5595. Оп. 1. Д. 1. Л. 1–15.
4. Экономический обзор Рязанской губернии за 1912 год // Беспл. прил. к журналу «Вестник Рязанского губернского земства». 1912. Вып. 2. С. 25–28.
5. Отчет о деятельности бактериологической станции Рязанского губернского земства с 1-го сентября 1901 года по 1-е сентября 1902 года. Рязань : Тип. братства св. Василия, 1902. 16 с.
6. Несколько слов к вопросу о современном положении губернского медико-санитарного бюро врача-делегата Михайловского уезда П.Б. Добреянова. Рязань. С. 3–19.
7. Будкина Ю.Б. Первый ректор Рязанского педагогического института П.И. Процеров // Рязанский историк. 2006. № 4. С. 119–123.
8. Отчет по исследованию питьевых источников в Данковском уезде Рязанской губернии // [Соч.] эпидемич. врача Ряз. губ. земства Н.И. Пашкиной-Вертячих. Рязань : Тип. Н.В. Любомудрова, 1913. 40 с.
9. Рязанские экспонаты на гигиенической выставке // Рязанский вестник. 1913. № 134.
10. Отчеты о работе химико-бактериологической лаборатории за 1921–1924 гг. и сведения о деятельности врачебно-контрольной комиссии и бюро экспертизы по Рязанской губернии за 1921 год // ГАРО. Р–161. Оп. 1. Д. 335.
11. Открытие в городе Рязани Пастеровской станции. 1925 // ГАРО. Р–161. Оп. 1. Д. 868.
12. Годовой отчет о деятельности малярийной станции за период с 1-го января 1924 года по 1-е января 1925 года // ГАРО. Р–3615. Оп. 2. Д. 1.
13. Отчеты о работе малярийных станций губернии и противомаларийной экспедиции в Скопинском и Раненбургском уездах и переписка с уздравотделами по этому вопросу. 1925 // ГАРО. Р–161. Оп. 1. Д. 863. Л. 58–67.
14. Годовые и месячные отчеты Рязанской и районных малярийных станций о деятельности и конъюнктурные обзоры о борьбе с малярией за 1923–1943 годы // ГАРО. Р–3615. Оп. 2. Д. 1.
15. Санитарно-эпидемический подотдел // ГАРО. Р–163. Оп. 1. Д. 2.
16. Протоколы заседаний губернского санитарного совета, совещания санитарных врачей, заведующих уздравотделами и опросные листы в их работе. 1926 // ГАРО. Р–161. Оп. 1. Д. 962. Л. 12–85.
17. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопедический словарь. СПб., 1896. Т. XVII.
18. Праздник советской медицины. Открытие санитарно-бактериологической станции // Рабочий клич. 1928. № 255.
19. Санитарно-бактериологическая станция. Протоколы заседаний технического совещания и конференции врачей. 1928 // ГАРО. Р–161. Оп. 1. Д. 1166. Л. 1–22.
20. Рязанская окружная санитарно-бактериологическая станция : сб. работ и материалов. 1929. Вып. 1. 54 с.
21. Рязанская санитарно-бактериологическая станция Мособлздравотдела : сб. работ и материалов. 1931. Вып. 2. 69 с.
22. Краткий отчет о работе Рязанского окружного исполнительного комитета за 1928–29 год и первый квартал 1929–30 года. С. 51–52.
23. Краткий отчет о работе Рязанского окружного исполнительного комитета за 1928–29 год и первый квартал 1929–30 года. С. 51–52.

Л.А. Сараева, А.А. Чередникова

Управление Роспотребнадзора по Рязанской области

¹ ГАРО – Государственный архив Рязанской области.

К 60-летию со дня рождения Евгения Леонидовича Борщука

13 июня 2022 года исполнилось 60 лет со дня рождения члена редакционного совета ЗНЦО, заведующего кафедрой общественного здоровья и здравоохранения № 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, доктора медицинских наук, профессора Борщука Евгения Леонидовича.



Е.Л. Борщук родился в г. Перми. После успешного окончания санитарно-гигиенического факультета Пермского государственного медицинского института в 1985 году по распределению был направлен в санитарно-эпидемиологическую службу Оренбургской области.

Евгений Леонидович прошел путь от врача по коммунальной гигиене районной санэпидстанции до первого заместителя главного врача Центра госсанэпиднадзора г. Оренбурга – заместителя главного государственного санитарного врача г. Оренбурга. Работая в учреждениях санитарно-эпидемиологической службы Оренбургской области, в 1998 году без отрыва от основной работы защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Гигиена» на тему «Комплексная оценка канцерогенных факторов окружающей среды промышленного города» (научный руководитель проф. Боев В.М.). Данная работа была в числе первых в Российской Федерации по вопросам оценки риска здоровью в связи с загрязнением окружающей среды. В 2002 г. им защищена докторская диссертация на тему «Научное обоснование экономических методов управления рисками здоровья» (научные консультанты – проф. Боев В.М., проф., член-корр. РАМН Беляев Е.Н.).

Научно-педагогической деятельностью в Оренбургском государственном медицинском университете Евгений Леонидович занимается с 1998 года. Работая на должности заведующего кафедрой с 2009 года, он создал высокопрофессиональный дружный коллектив единомышленников, нацеленных на достижение высоких результатов, внедрение инновационных, высокотехнологических методов в учебный процесс. Коллектив кафедры за время его работы увеличился с 4 преподавателей, реализующих 1 дисциплину на 3 факультетах, до 25 преподавателей высокой квалификации, реализующих более 30 дисциплин на 6 факультетах университета, в том числе и преподавание дисциплины «Общественное здоровье и здравоохранение» на факультете иностранных студентов на английском языке, программы ординатуры и аспирантуры.

На кафедре разработаны и реализуются более 10 дополнительных профессиональных программ для специалистов здравоохранения по таким наиболее актуальным вопросам организации и управления здравоохранением, как инструменты бережливых технологий, вопросы цифровизации деятельности медицинских организаций.

Под руководством Е.Л. Борщука защищены 10 диссертаций, в том числе 1 докторская.

Борщук Евгений Леонидович – врач высшей квалификационной категории, активно взаимодействует

с региональной системой здравоохранения в качестве эксперта и аналитика. Им проводится работа по совершенствованию стратегии развития здравоохранения региона, анализу кадровой обеспеченности, причин смертности населения, экспертной оценке деятельности медицинских организаций, результаты которой являются основой для реализации и корректировки региональных проектов и программ.

Борщук Е.Л. привлекался Минздравом РФ к разработке нормативно-правовых документов по организации здравоохранения на федеральном уровне. В частности, он входил в состав рабочей группы по разработке нормативов кадрового обеспечения медицинских организаций.

Как авторитетный ученый Евгений Леонидович вошел в состав редколлегии ряда научных журналов Российской Федерации: «Известия вузов. Поволжский регион. Медицинские науки» (Пенза), «Управление качеством медицинской помощи» (Самара), «Оренбургский медицинский вестник» (Оренбург), «Здоровье населения и среда обитания» (Москва), «Медицина и организация здравоохранения» (Санкт-Петербург).

Он имеет более 360 научных и методических публикаций, в том числе 18 монографий, 2 патента, 12 свидетельств на программы ЭВМ. Е.Л. Борщук неоднократно выступал с научными докладами на российских и международных конференциях.

Знания и опыт Евгения Леонидовича позволили ему успешно работать в качестве эксперта федерального реестра экспертов научно-технической сферы Минобрнауки РФ, он регулярно проводит экспертизы заявок и отчетов, представленных на конкурсы на получение грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, а также заявок на конкурсы на получение стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.

Профессор Борщук Е.Л. – неоднократный лауреат премий правительства и губернатора Оренбургской области за достижения в сфере науки и техники (2008, 2015, 2020 гг.), награжден знаком «Отличник здравоохранения» МЗ РФ (2002 г.), почетной грамотой ЦК Федерации независимых профсоюзов России (2002 г.), Почетной грамотой Министерства здравоохранения России (2013 г.), благодарностями и грамотами различного уровня.

Евгений Леонидович – доброжелательный, искренний и отзывчивый человек, талантливый организатор, в коллективе пользуется уважением, основанным на признании его профессионального опыта и заслуг.

Сердечно поздравляем Евгения Леонидовича с юбилеем! Искренне желаем доброго здоровья, благополучия, неиссякаемых жизненных сил и энергии, оптимизма, праздничного настроения, дальнейших творческих успехов, востребованности жизненного и профессионального опыта.

*С глубочайшим уважением и признательностью,
коллектив ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России*